4.) Anatomie und Mechanik des Hasenfußes.

Von HANS VIRCHOW, (Berlin).

Mit 26 Abbildungen, davon 16 auf den Tafeln I—V.

Inhalt.

a. Vorwort.

Die vorliegende Arbeit verdankt ihre Entstehung einem Zufall, nämlich dem Umstande, daß ich zu Weihnachten 1925 einen Hasen geschenkt bekam. Ich entnahm demselben einen Unterschenkel mit Fuß, zergliederte ihn und war durch das Ergebnis der Untersuchung dermaßen gefesselt, daß ich im Anschluß daran eine ganze Anzahl von „Hasenpoten" präparierte; auch zerhackte ein Wildprethändler, dem mein Eifer Spaß machte, einen Hasen im Fell, um mir ein Hinterviertel desselben zwecks nochmaliger Untersuchung der Beinmuskeln zu überlassen. Zwei Studierende der Medizin, ISOLDE HARTLAUB und HERTHA SCALE, unterstützten mich durch Halten der Präparate und Protokollieren.

Der Vorsitzende der damals eben gegründeten „Gesellschaft für Säugetierkunde", Herr HECK, nahm, sobald er von dem Thema hörte, sofort Anteil an demselben und bewies dies dadurch, daß er mir gestattete, photographische Aufnahmen der Präparate in der photographischen Abteilung des Zoologischen Gartens herstellen zu lassen. Daraufhin machte Frl. GOLLÉ am 18. August 1926 12 Aufnahmen von einzelnen Knochen und von Knochenkombinationen. Ich war eigentlich überrascht, daß Herr HECK, der als Direktor des Zoologischen Gartens täglich die seltensten und größten Tiere vor Augen hatte, sich für den Hasen erwärmte, aber ich mußte anerkennen, daß er auch in diesem Falle, wie in so manchen anderen, in welchen ich schon sein Urteil bewundert hatte, eine feine Witterung zeigte.

Weitere Aufnahmen waren nötig, um Tarsus und Metatarsus in der Zusammensetzung nach Form sowie Bänder und Muskeln zu veranschaulichen. Solche wurden in der Zahl von 17 im September 1926 in der photographischen Lehr-

anstalt des Lette-Vereins durch Frau G. SCHMITZ und Schülerinnen dieser Anstalt hergestellt. Auf der Grundlage dieser Aufnahmen fertigte Frl. L. KRAUSE zunächst 10 Federzeichnungen, dann ein Jahr später noch weitere fünf, ich deren fünf. Dies umständliche Verfahren war nötig, denn die Photos selbst, so vorzüglich sie auch waren, hätten doch ihrer Natur nach nicht bieten können, was durch die wissenschaftliche Aufgabe verlangt war. Wiedergabe der Photos war nur bei den Abb. 1, 2, 3, 4, 9, 26 möglich.

Ich hatte bei dieser Untersuchung nicht ein von vornherein bestimmtes Ziel; mein Wunsch war nur, mich zu belehren. Allerdings waren meine Gedanken von Anfang an mehr auf die Mechanik des Fußes gerichtet. Damit soll die morphologische Betrachtung nicht zurückgesetzt werden. Jeder, der sich mit einer morphologischen Aufgabe eingehend beschäftigt, wird ja von selbst auf funktionelle Betrachtungen geführt, ebenso wie der, der sich mit einer funktionellen Aufgabe beschäftigt, auf morphologische Betrachtungen. Es wird sogar von funktionellen Aufgaben aus die Morphologie auf ein Gebiet hingewiesen, welches sie im allgemeinen unbearbeitet läßt, auf das der Bänder. Es ist ja begreiflich, daß die Bänder zu morphologischen Betrachtungen nicht sehr locken, weil sie nach den Seiten hin mit anderen bindegewebigen Formationen in Verbindung stehen und oft nicht scharf abgegrenzt sind. Aber an sich haben auch sie Anrecht auf morphologische Berücksichtigung, denn die Vererbung steckt in allen Teilen des Körpers.

b. WILHELM KRAUSE.

Es liegt bereits eine Darstellung vor, welche zwar nicht ganz das Gleiche aber doch der Hauptsache nach das Gleiche behandelt, nämlich die Beschreibung des Kaninchens durch WILHELM KRAUSE. Ich weiche, was Beobachtung, Beschreibung, Benennung anbetrifft, in so vielen Punkten von KRAUSE ab, daß ich mehrere Seiten damit füllen müßte, wenn ich alles das genau angeben und begründen wollte, worin die Abweichung besteht. Das würde eine zu unfreundliche Einleitung zu meiner Arbeit sein. Auch werden meine Einwendungen wirksamer sein, wenn sie an denjenigen Stellen gemacht werden, wo sie sich aus dem Zusammenhange ergeben. Auf keinen Fall handelt es sich, wie man wohl denken könnte, um Verschiedenheiten, die durch die Gegenstände, bei KRAUSE Kaninchen, bei mir Hase, bedingt sind. Vielmehr wenn ich meine Befunde mit KRAUSE's Darstellung vergleiche, so sehe ich deutlich, daß es sich in der Sache jedesmal um das Gleiche handelt. Natürlich ist nicht zu erwarten und auch nicht zu verlangen, daß in einem Buche, welches die gesamte Anatomie eines Tieres einschließlich einiger mikroskopischer Anatomie behandelt, jeder einzelne Apparat so genau durchgearbeitet ist, wie in einer Sonderbearbeitung, die sich auf ein kleines Gebiet beschränkt. Die KRAUSEsche Anatomie des Kaninchens stellt eine achtunggebietende Leistung dar. Allein die Bewältigung einer umfangreichen Literatur (872 Nummern), ja nur das Ausschreiben so vieler Titel ist erstaunlich. Aber unbeschadet der Bewunderung für eine so umfassende Arbeit kann ich doch nicht umhin, mit Rücksicht auf den Gegenstand zu bemerken, daß abgesehen von einer ganzen Anzahl von unscharfen und fehlerhaften Beschreibungen im Einzel-

nen einige Benennungen vorkommen, welche Verstöße gegen die vergleichend-morphologische Auffassung darstellen. Am schlimmsten aber sieht es aus bei den Gelenken; doch davon will ich lieber späterhin sprechen, wenn ich auf die Gelenke komme.

c. Teile der Untersuchung.

Die Untersuchung eines Bewegungsapparates, wenn sie vollständig sein soll, hat sich mit sieben Dingen zu beschäftigen:

1. mit den isolierten, durch Maceration gesäuberten Knochen, insbesondere den für die Gelenkverbindungen dienenden Flächen derselben;
2. den Bändern,
3. den Muskeln,
4. den Bewegungsmöglichkeiten,
5. den Gelenken,
6. der Lage der Knochen zu einander in dem in Betracht kommenden Skeletabschnitt und in Stücken desselben, welche durch Zusammensetzung in Form festzustellen ist;
7. mit den Haltungen und Bewegungen des lebenden Tieres.

Gelegentlich sind auch X-Bilder von Nutzen.

Alle diese Beobachtungen unterstützen, bedingen sich gegenseitig. Nicht nur versteht man von den Knochen aus die Gelenke, sondern auch von den Gelenken aus die Knochen; nicht nur von den Gelenken aus die Bewegungsmöglichkeiten, sondern auch von den Bewegungsmöglichkeiten aus die Gelenke, usw. Deshalb darf principiell auf keine dieser Untersuchungsarten verzichtet werden. Im vorliegenden Falle aber bleibt uns eine versagt, nämlich die der Bewegungen des lebenden Tieres. Es sei daher über diese Seite der Beobachtung nur das folgende Allgemeine gesagt:

Manche Tiere benutzen dieselben Extremitäten zu verschiedenen Verrichtungen, wovon ich ein hervorstechendes Beispiel bei früherer Gelegenheit besprochen habe, den Tigerfuß (Mechanik der Tigerzehen — Zeitschr. für Säugetierkunde **1**, pg. 64—90. 1926), der einerseits Krallapparat, andererseits Stützapparat ist. In einem solchen Falle ist natürlich die Aufgabe des Organismus, die Extremität passend auszugestalten, so daß sie mehreren Aufgaben in möglichst vollkommener Weise dienen kann, ohne daß die verschiedenen Aufgaben sich gegenseitig im Wege sind, besonders schwierig. Diejenige Extremität muß am leichtesten begreifbar sein, bei der sich keine solchen Komplikationen finden, die vielmehr einer einzigen bestimmten immer gleichen Aufgabe streng angepaßt ist, oder bei der doch

wenigstens eine Hauptaufgabe dermaßen bestimmt in den Vordergrund tritt, daß sie die Gestalt des Organes beherrscht.

Beim Hasen besteht für die Hinterextremität eine derartige einseitige Hauptaufgabe. Es ist der flüchtige Lauf, denn er allein sichert dem Tiere die Möglichkeit, in der feindlichen Welt auszudauern. Aber der Mechanismus dieser Bewegung entzieht sich wegen des schnellen Ablaufes der Beobachtung. Daß Film und Zeitlupe uns helfen könnten, ist nach deren erstaunlichen Leistungen auf anderen Gebieten anzunehmen, aber sie haben sich wohl diesem Gegenstande noch nicht zugewandt.

Auch ein Sohlenpolster, welches in anderen Fällen, wie bei Raubtieren und beim Känguru *(Macropus rufus)* wertvolle Winke für die Beurteilung der Stützaufgabe gibt, fehlt beim Hasen, dessen Fuß ringsum behaart ist.

d) Gesamtform des Fusses.

Bevor wir an die Einzelheiten herangehen, sei ein Blick auf die Gesamtform des Fußes geworfen, die ja die Resultante aus den Formen der Teile ist. Daher ist nicht nur die Gesamtform von den Teilen, sondern sind auch die Teile von der Gesamtform aus verständlich zu machen.

Um von der Gesamtform ein richtiges Bild zu erhalten, muß das Fußskelet nach Form zusammengesetzt werden. Dies ist gemacht worden, (Abb. 11, 12, 13, 14 auf Tafel I und II) wobei aber die Zehen fortgelassen sind, da es nur darauf ankam, die Mechanik von Tarsus und Metatarsus klar zu machen.

Unter dieser Arbeit habe ich gemerkt, daß, wenn man den Bau des Hasenfußes möglichst vollständig zur Anschauung bringen wollte, noch weitere Stück-Zusammensetzungen nötig waren. Da ich selbst dazu nicht gekommen bin und auch kaum noch dazu kommen werde so gebe ich die in Betracht kommenden Kombinationen an für den Fall, daß ein anderer, sei es aus Gründen des Unterrichtes, sei es aus solchen weiterer Forschung, sie herstellen will. Es sind ihrer 8, nämlich die folgenden:

1. Talus und Calcaneus von dorsalflektierter Fußhaltung,
2. Talus und Calcaneus von plantarflektierter Fußhaltung,
3. Tibio-Fibula, Talus und Calcaneus, wobei Tibio-Fibula rechtwinklig zur Fußachse steht,
4. Tibio-Fibula, Talus und Calcaneus, vom dorsalflektierten Fuße,
5. Tibio-Fibula, Talus und Calcaneus, vom plantarflektierten Fuße,

6. Vordertarsus (Cuboides, Naviculare, Cuneiforme II und III),
7. die 4 Metatarsalien,
8. ein Strahl von Stützstellung des Fußes.

An der Form des Fußes fallen vier Merkmale auf:

1. Der Hasenfuß ist lang. — Die Länge ist eine gemeinsame Eigentümlichkeit der Lauftiere und vor allem der Springtiere; es ist jedoch in jedem Falle von Interesse, an welchen Knochen sie sich äußert. Beim Hasen sind es — abgesehen von den Metatarsalien und Phalangen — Talus und Calaneus (die übrigen Tarsalien nicht). Diese Verlängerung von Talus und Calcaneus wird ausgenutzt, wie sich zeigen wird, im Interesse des Mechanismus.

2. Der Hasenfuß ist schmal, jedoch nach vorn verbreitert. Die Schmalheit ist ebenfalls eine Eigentümlichkeit der Lauf- und Springfüße. Sie tritt an den nach Form zusammengesetzten Füßen noch bestimmter und überzeugender hervor, weil hier die Knochen richtig zueinander gestellt sind und nicht einfach platt nebeneinander liegen.

3. Der Mittelfuß des Hasen ist symmetrisch gestaltet. Dies ist ebenfalls eine Eigentümlichkeit der Lauffüße. Man muß prüfen, wie weit die Symmetrie geht und an welchen Teilen sie sich äußert; nicht nur Knochen, sondern auch Bänder und Muskeln sind daraufhin zu mustern. In sehr eleganter Weise äußert sich beim Hasen die Symmetrie in der seitlichen Abbiegung des 2. und 5. Metatarsale, indem das vordere Ende des 2. medianwärts und das des 5. lateralwärts abgebogen ist. Aber die Symmetrie ist keine vollkommene, da das 3. Metatarsale länger ist als das 4., das 2. länger als das 5.

Das Fußskelet des Hasen (Tarsus mit Metatarsus) ist nach der plantaren Seite hin concav, bildet also, um den vom Menschen her gebräuchlichen Ausdruck anzuwenden, ein „Gewölbe". Die Gewölbeform tritt an dem nach Form zusammengesetzten Fußskelet des Hasen anschaulich hervor. Sie äußert sich sowohl in Längsrichtung wie in Querrichtung. Es ist sicher von Bedeutung, die Gewölbeform des Hasenfußes und anderer Säugetierfüße mit der des Menschenfußes zu vergleichen.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen gehe ich auf die Betrachtung der einzelnen Teile über.

B. Knochen.

a) Beschaffenheit der Hasenknochen. — Fett des Hasen.

Dieselben zeichnen sich aus durch Härte und Festigkeit, wofür man auch wohl sagen darf: Dichte. Das äußert sich in drei Erscheinungen: 1. in dem hellen Klange beim Anschlagen, 2. in der Splitterung beim Zerschlagen, 3. in der Hartnäckigkeit, mit der diese Knochen beim Entfetten das Fett zurückhalten.

Die dritte dieser Erscheinungen bringt mich darauf, eine Bemerkung über das Fett (Fettgewebe) hier einzuschalten, die für unsere mechanische Betrachtung nicht bedeutungslos ist. — Der Hase gilt als fettlos; es ist deswegen allgemein üblich, den Hasen vor dem Braten zu „spicken". Er hat aber doch Fett, und es ist von Interesse, nachzusehen, wo dieses Fett sitzt und von welcher Art es ist. Es gibt drei typische Stellen und ihnen entsprechend drei Arten von Fett

a) in der Bauchhöhle, besonders um die Nieren. Dieses Fett ist weiß und ist seiner Beschaffenheit nach als „Talg" zu bezeichnen.

b) Beim Präparieren der Bänder am Fuß bemerkt man in den Ecken zwischen den Bändern und Knochen winzige Klümpchen von weichem Fett. Dieses ist dunkelgelb gefärbt. Ob es mechanische Bedeutung habe oder ob diese versteckten Räumchen zur Unterbringung von Reservefett ausgenutzt werden, lasse ich unerörtert.

c) Das Knochenmark des Hasen ist sehr fettreich und hat dadurch ebenfalls eine intensiv gelbe Farbe.

Es sei erlaubt, hier eine allgemeine Bemerkung anzuschließen: Es ist sehr wichtig, bei allen Säugetieren nicht nur auf Art und Menge des Fettes, sondern auch auf die Verteilung, die Topographie des Fettgewebes zu achten. Ein schlagendes Beispiel dafür ist der Seehund, bei welchem unter der Haut eine dicke Fettschwarte als Wärmeschutz vorhanden ist, in der Tiefe dagegen, z. B. zwischen den Rückenmuskeln, wo das Fett ein mechanisches Hindernis schneller Bewegungen sein würde, dasselbe fehlt.

Ich gehe nun an die Beschreibung der einzelnen Knochen.

b) Tibio-Fibula.

Tibia und Fibula sind in den unteren zwei Dritteln ihrer Länge so vollständig verwachsen, daß man auch keine Andeutung einer Grenze sieht. Das Köpfchen der Fibula ist von der Tibia getrennt; nach W. Krause ist es mit ihr durch Knorpel verbunden. Ob das zutrifft, ist mir nicht ganz sicher; ich habe es nicht genauer unter-

sucht; jedenfalls ist das Köpfchen etwas gegen die Tibia beweglich. Die Möglichkeit einer Bewegung beruht auf der Dünne des freien Fibulastückes, indem dadurch die Elasticität des Knochens zur Geltung gelangen kann. Die Angabe von MAX WEBER, daß bei *Lepus* auch die proximalen Enden beider Knochen verwachsen seien (Die Säugetiere, Jena 1904 pg. 110), fand ich also nicht bestätigt.

Das freie Stück der Fibula trifft auf das mit der Tibia verschmolzene Stück unter einem leichten Winkel, der allerdings 180^0 sehr nahe kommt, aber immerhin doch unter einem Winkel.

Eine Erläuterung gewissermaßen zu dem Verhalten der Fibula bietet die Fibula des Känguru (*Macropus rufus*), auf welche ich deswegen hinweise: Dieselbe ist in dem größeren unteren Abschnitt auf der der Tibia zugewendeten Seite tief rinnenförmig ausgehöhlt und mit dieser Rinne so fest an die Tibia angepreßt, daß man Mühe hat, im frischen Zustande beide Knochen von einander zu trennen. Das obere Stück der Fibula ist auch hier durch einen 180^0 nahe kommenden Winkel gegen das angepreßte Stück abgegrenzt; nach der Maceration ist jedoch dieser Winkel nicht mehr bemerkbar, indem sich der Knochen durch das Trocknen gerade zieht.

Über den Grund der Verschmelzung von Fibula und Tibia habe ich keine ganz feste Meinung gewonnen, und wo es keine feste Meinung gibt, da müssen die Möglichkeiten nebeneinander gestellt werden. Am nächsten liegt der Gedanke, daß durch die Verschmelzung der unteren Enden von Tibia und Fibula eine feste Gabel hergestellt wird, wodurch der Artic. talo-cruralis vereinfacht und gesichert wird. Doch fiel mir auf, daß die Sehnen der vom Unterschenkel zum Fuße gehenden Muskeln an das untere Ende der Unterschenkelknochen außerordentlich fest angepreßt sind. Es macht den Eindruck, als sei alles in dieser Gegend auf engen Raum zusammengedrängt, vielleicht um einen möglichst dünnen Körper herzustellen, der beim eiligen Lauf wenig Widerstand gegen Kraut und Luft bietet. Eine dritte Möglichkeit, die aber vielleicht mit der ersten zusammenfällt, liegt darin, daß durch die Verschmelzung von Tibia und Fibula erzwungen wird, daß gleichzeitig mit dem Artic. talocruralis auch der Artic. talocalcaneus spielen muß. Was damit gemeint ist, kann erst später klar werden.

An der distalen Endfläche der Tibio-Fibula ist die Grenze beider Knochen leicht zu erkennen als eine tiefe Rinne, in welche die late-

rale Kante der Trochlea tali hineinpaßt, so daß man hier das Tibiastück und das Fibulastück scharf unterscheiden kann.

Distales Ende der Tibia. — Die Rinne für die mediale Kante der Trochlea tali ist lange nicht so tief wie die für die laterale Kante. Beide Rinnen sind durch eine Kante oder Leiste von einander geschieden. Auch am medialen Rande schließt die Fläche mit einer Leiste ab. Einen Malleolus med. kann man dies kaum nennen, höchstens ein Rudiment eines solchen. Dieser rudimentäre Malleolus med. ist nicht wie beim Menschen nach unten convex, sondern nach unten concav, was bei der Betrachtung von der Seite her deutlich auffällt.

Es gibt aber noch etwas an der Gelenkfläche der Tibia, worauf man gar nicht gefaßt ist, nämlich eine vordere Facette, welche unter rechtem Winkel zu der unteren Fläche nach vorn ansteigt. Diese Facette hat von hinten nach vorn eine Breite von 2,5 mm., was in Anbetracht der kleinen Verhältnisse recht erheblich ist. Es ist ein „Hockermerkmal", was später seine Erklärung finden wird.

Distales Ende der Fibula. — Die Fibula reicht weiter abwärts als die Tibia. Sie bildet daher einen Malleolus lateralis. Der letztere hat an seiner medialen Seite eine senkrecht gestellte, vorn höhere, hinten niedrigere, nicht ganz ebene Fläche für die Trochlea tali. Im Übrigen sieht dieser Malleolus lateralis wesentlich anders aus als der des Menschen. Das verdankt er dem Umstande, daß er mit dem Calcaneus gelenkig verbunden ist. Er ist daher nicht nach unten convex, sondern nach unten concav oder, noch genauer gesagt, die Fläche, durch welche er sich mit dem Calcaneus verbindet, ist in dorsoplantarer Richtung concav, in querer Richtung eben (plan) (Abb. 24—26 auf Tafel IV und V). Die Krümmung ist jedoch nicht gleichmäßig; sie ist am stärksten an einer Stelle, die näher dem hinteren als dem vorderen Rande liegt. Hinter dieser Stelle ist die Krümmung sehr gering; davor ebenfalls, ja eigentlich gar nicht vorhanden. Der hintere Abschnitt ist schmaler (in querer Richtung) und wenn man die Tibio-Fibula senkrecht hält, horizontal, der vordere fällt nach vorn ab.

Auch an diese Fläche schließt sich vorn eine besondere Facette, ein „Hockermerkmal" an, ebenfalls in sagittaler Richtung 2,5 mm breit aber anders gestellt als an der Tibia, steiler, mehr in der Flucht der vorderen Fläche der Fibula.

Die eigentümliche Gestalt des Malleolus lateralis würde man gar

nicht verstehen, ja man würde sie gar nicht auffassen, wenn man nur den isolierten Knochen betrachtete. Man lernt sie erst begreifen, ja sie auch nur wahrzunehmen, wenn man die Beziehungen der Fibula zum Calcaneus in Betracht zieht. Das kann aber nicht geschehen, indem man die ausmacerirten Knochen aneinander hält, auch nicht vollständig, indem man am Gelenkpräparat abwechselnd dorsale und plantare Flexion macht, sondern nur wenn man auch noch die Untersuchung mittels des Formverfahrens hinzufügt.

An der Vorderseite des unteren Endes des Os cruris (der Tibio-Fibula) finden sich zwei schwache senkrechte Leisten von je 5 mm (senkrechter) Länge, eine mediale und eine laterale, die Ansatzstellen der beiden Schenkel des starken Retinaculum des Extensor digitorum und Tibialis anterior. Die mediale Leiste steht 6 mm höher als die laterale; der Abstand beider in querer (horizontaler) Richtung ist 4 mm.

An der lateralen Seite des unteren Endes findet sich ein scharf hervortretender Höcker, hinter welchem die Furche für die Mm. peronaei abwärts verläuft, um dann unterhalb des Höckers nach vorn umzubiegen (Abb. 12, 13, 17, 24).

c) **Talus.** (Abb. 15, 16, 17 auf Tafel II).

Am Talus kann man ebenso wie am menschlichen Talus zwei Stücke unterscheiden, den Körper und den vorderen Fortsatz. Der Fortsatz ist, verglichen mit dem des Menschen, verhältnismäßig lang. Von einem „Kopf“ kann man nicht eigentlich sprechen und demgemäß auch nicht von einem Hals. Der Körper trägt die Rolle.

Der Processus anterior ist in querer Richtung schmaler als der Körper. Seine mediale Fläche läuft allerdings in gleicher Flucht nach vorn wie die des Körpers, aber an der lateralen Seite ist er ausgeschnitten. Dadurch wird Platz gewonnen für einen zwischen Talus und Calcaneus hindurchgehenden Canalis tarsi, der aber nicht wie beim Menschen horizontal, sondern senkrecht gerichtet ist. Dieser Canalis tarsi ist gänzlich ausgefüllt von dem Ligam. talocalcaneum interosseum, von dem später gesprochen werden wird.

Der Talus ist in großem Umfange eingenommen von überknorpelten Flächen. Deren sind vier zu unterscheiden:

a) die Fläche der Trochlea mit einer vorderen uud einer hinteren Ergänzung,

b) die Hauptfläche für den Calcaneus,
c) die Fläche für das Naviculare,
d) eine kleine vordere Fläche für den Calcaneus.

a) Fläche der Trochlea mit vorderer und hinterer Ergänzung. Bei flüchtiger Betrachtung nimmt man die vordere Ergänzung gar nicht wahr und betrachtet die hintere Ergänzung (Abb. II, 16) einfach als ein Stück der Gelenkfläche, weil sie deren Krümmung fortsetzt. Daß sie aber nicht ein Stück der Gelenkfläche sein kann, erkennt man daran, daß selbst bei stärkster Plantarflexion am Gelenkpräparat, d. h. wenn die Rückseite der Tibia der Oberseite des Processus posterior calcanei angelegt wird, was bei der von Weichteilen und Haut umhüllten Extremität des lebenden Tieres gar nicht vorkommen kann, die Tibia nicht bis ans untere Ende dieser Fläche gleiten kann, sondern von dieser ein Stück von 3 bis 4 mm Höhe frei läßt. Dieses Stück hat mit dem Gelenk nichts zu tun, sondern ist die Rinne, in welcher die Sehne des Flexor digitorum longus gleitet (s. später). Es ist von der größten Bedeutung für die mechanische Bewertung der Talusrolle und damit des Artic. talocruralis, daß man dieses hintere Stück in Gedanken abtrennt. KRAUSE behauptet vom Sprunggelenk des Kaninchens, es sei ein Schraubengelenk (l. c. S. 133). Diese Vorstellung kann entstehen, wenn man den Talus von hinten her betrachtet (Abb. 16), wo die Flexorfurche das Bild mitbestimmt, denn diese verläuft ab- und dabei etwas medianwärts. Betrachtet man aber die Trochlea von oben und verdeckt mit dem Finger die Flexorrinne, so ist von einer Schraube nicht die Rede. Außerdem ist auch die Flexorrinne schmaler als die Gelenkfläche der Rolle.

Die Rolle und die Flexorrinne zusammen nehmen $^3/_4$ des Cylinderumfanges, die Rolle ohne die Flexorrinne nimmt nur die Hälfte des Umfanges ein.

Die Rolle ist gekehlt; von den beiden Kanten ist die laterale bedeutend höher als die mediale (Abb. 16).

Das vordere Ergänzungsstück (Abb. 8 und I 11) ist in sagittaler Richtung 2 mm breit und liegt dem Halse flach auf. Mit dem entsprechenden Streifen an der Tibia (s. S. 106) bildet es ein „Hockermerkmal“.

An der lateralen Seite der Trochlea findet sich eine für den Malleolus lateralis bestimmte Fläche (Abb. 15). Diese Fläche ist sichel-

förmig, vorn 3,5 mm breit und hinten zugespitzt. Sie ist nicht ganz eben, sondern vorn leicht concav und hinten leicht convex.

b) Fläche für den Calcaneus und das Ligam. calcaneonaviculare plantare. (Abb. II 15, II 17). — Diese Fläche faßt man am besten auf, wenn man von der Furche ausgeht, durch welche dieselbe geteilt wird. Diese Furche beginnt auf der lateralen Seite des Taluskörpers und verläuft von da an der unteren Seite bis zur medialen Kante, wobei sie ganz schwach gebogen, nach vorn concav, ist. Durch diese Furche wird die Fläche in zwei Abschnitte geteilt, einen hinteren und einen vorderen. Der hintere Abschnitt ist in horizontaler Richtung stark convex, in senkrechter Richtung eben. Der vordere Abschnitt beginnt oben an dem sichelförmigen Felde für den Malleolus fibularis und zieht sich nicht nur an der Furche hin bis zur unteren medialen Kante, sondern auch noch an der unteren Fläche (Abb. II 17) nach vorn bis an die Fläche für das Naviculare heran. Man wird kaum fehlgehen, wenn man diese Fläche als den Abschnitt einer Kugelfläche bezeichnet. Vorn, wo sie mit der Fläche für das Naviculare zusammenkommt, wird sie ganz schmal, ist aber an dieser Stelle nach unten vorgewölbt und bildet auf diese Weise einen Höcker (oder eine Nase), der als „Anschlag“ bei der Flexionsbewegung im Fuße wirkt, wie noch berücksichtigt werden wird.

c) Fläche für das Naviculare. (Abb. II 15). — Hier haben wir es, abweichend von der eben beschriebenen hochkomplicierten Fläche mit einer einfach zu beschreibenden und leicht zu erfassenden Fläche zu tun, nämlich mit einem Abschnitt einer Halbzylinderfläche, welche in senkrechter (dorsoplantarer) Richtung convex und in horizontaler (querer) Richtung plan ist, einer Fläche, welche aufs klarste anzeigt, daß sie einer rein flexorischen Bewegung zwischen Talus und Naviculare dient. Es gehört schon eine gehörige Dosis Befangenheit dazu, dies nicht zu sehen. Das allerunterste verschmälerte Ende dieser Fläche biegt etwas aus der Fläche heraus (Abb. II 5), um auf den vorhin erwähnten Höcker überzugehen.

d) Vordere Fläche für den Calcaneus. — Dies ist eine in sagittaler Richtung 2 mm breite Fläche, welche rechtwinklig zu der eben beschriebenen Fläche steht und mit ihr in einer Kante zusammenstößt (Abb. II 15). An ihr gleitet eine winzige, auf einem

Höcker der medialen Fläche des Proc. anterior calcanei stehende Fläche.

Die geschilderten Gelenkflächen des Talus sind nur durch Kanten gegeneinander abgegrenzt aber nicht durch Abstände voneinander geschieden. Daher sind auch die ihnen entsprechenden Gelenkräume nicht voneinander getrennt, sondern bilden einen einzigen kompliziert gestalteten Gelenkraum, ein Umstand, der im Folgenden in seiner speziellen und allgemeinen Bedeutung gewürdigt werden wird.

d) **Calcaneus.** (Abb. 18 auf Tafel II).

Am Calcaneus kann man sehr gut und für die Anschauung zweckmäßig einen Körper, einen hinteren und einen vorderen Fortsatz unterscheiden.

a) P r o c e s s u s p o s t e r i o r. (Abb. II 18). — Der Proc. post. ist, verglichen mit dem des Menschen, verh. lang, wie ja gewöhnlich bei schnellaufenden Tieren, und verh. niedrig. Vom Körper nach hinten nimmt die Niedrigkeit zu. Nur am Ende verstärkt er sich wieder, sowohl in der Höhe wie in der Breite. Man kann vielleicht diese Verdickung als „Tuber" bezeichnen, obwohl sie nicht so aussieht wie das menschliche Tuber und auch nicht die gleiche mechanische Wertigkeit hat. Von dem Tuber gehen an der lateralen Seite zwei Rippen aus, die eine an der Grenze der oberen und lateralen Fläche nach der Trochlea calcanei, die andere an der Grenze der unteren und lateralen Fläche bis zum Proc. anterior (Abb. IV 24). Man darf wohl beide als Versteifungsrippen betrachten.

Die Rückseite des Proc. post. ist von der Rinne für die Plantarissehne eingenommen (Abb. I 11). Die beiden Ränder der Rinne springen nach hinten vor, und zwar der mediale Rand stärker als der laterale. Die Rinne setzt sich noch ein Stück weit auf die Unterfläche fort und endigt hier an einer feinen queren Furche. Bis hierher reicht der Schleimbeutel der Plantarissehne. Noch an der Rückseite, dicht über dem unteren Ende derselben, findet sich ebenfalls eine feine aber sehr scharfe Furche mit abwärts gerichteter Konvexität. Vielleicht bezeichnet diese das untere Ende der Epiphyse. — Die Rinne ist also, da sie in sagittaler Richtung konvex und in querer Richtung konkav ist, „sattelförmig", ein Wink für die Beurteilung mancher Gelenkkörper!

b) Corpus. — An dem Körper sind zu beschreiben 1. die Trochlea calcanei, 2. das Sustentaculum, 3. die Hauptgelenkfläche für den Talus, welche z. T. auf dem Sustentaculum liegt.

1. Trochlea calcanei (Abb. II 14, III 22, IV 23, IV 24, IV 25, V 26). — Ich wähle die Bezeichnung „Trochlea calcanei" in Analogie mit Trochlea tali, bin mir aber dabei vollkommen dessen bewußt, daß weder die Gestalt, noch die mechanische Wertigkeit eine solche Bezeichnung voll rechtfertigen können. Dieselbe darf also nur cum grano salis genommen werden.

Die Gelenkfläche der Trochlea calcanei ist in querer Richtung plan, in sagittaler Richtung konvex. Damit ist aber noch wenig gesagt. Ich bin über diesen merkwürdigen Gelenkkörper erst allmählich zur Einsicht gekommen, und ich will die Stufen meiner Erkenntnis hier schrittweise vorführen, weil nur auf diesem Wege der eigenartige Mechanismus ganz klar werden kann. Zuerst, indem ich bemerkte, daß Tibia und Fibula verwachsen sind, und daß die Tibia auf dem Talus und gleichzeitig die Fibula auf dem Calcaneus schleift, nahm ich es für selbstverständlich, daß die beiden Bewegungen um dieselbe Achse geschehen, daß also Trochlea tali und Trochlea calcanei mechanisch, wenn auch nicht anatomisch, eine Einheit bilden. Bei genauerer Besichtigung der Knochen bemerkte ich jedoch, daß die Achsen für beide Trochleae nicht zusammen fallen können, sondern daß die Achse für die Trochlea calcanei tiefer (mehr plantar) liegen müsse. Indem ich durch noch häufigere Betrachtung mit der Gestalt der Knochen noch mehr bekannt wurde, fiel mir auf, daß die Trochlea calcanei in dorsoplantarer Richtung größer sei als in proximodistaler Richtung, daß sie also ein Stück eines Cylinders von nicht kreisförmigem, sondern elliptischem Querschnitt sein müsse; und endlich wurde mein Blick so weit geschärft, daß ich wahrnahm, daß die Trochlea gar keine regelmäßige Gestalt hat, sondern hinten steiler und vorn flacher abfällt. Inzwischen war mir bei Bewegungsprüfung am Gelenkpräparat aufgefallen, daß der Gelenkspalt bei Dorsalflexion an der hinteren Seite und bei Plantarflexion an der vorderen Seite weit aufklafft, und von dieser Tatsache erhielt ich dann genauere Einsicht durch Anwendung der Skeletzusammensetzung nach Form (Abb. IV25 und V 26). Auf diesem Wege gelangte ich allmählich, Schritt vor Schritt, zu derjenigen Vorstellung, die im folgenden vorgelegt werden wird.

Vielleicht würde niemand im Stande sein, diesen Gelenkkörper stereometrisch vollkommen zu charakterisieren; wahrscheinlich würde auch niemand sich damit abgeben, dies zu tun; sicher aber würde es niemandem gelingen, wenn man ihm den isolierten Calcaneus in die Hand gäbe, sei es mit, sei es ohne Knorpelüberzug, anzugeben, wie dieser Gelenkkörper verwertet wird. Dies kann erst festgestellt werden, wenn man die Gelenke im Zusammenhange untersucht.

Natürlich sind bei der Kleinheit der erwähnten Formen derartig feine Unterschiede schwer zu erkennen, und man wird es demgemäß begreiflich finden, daß ich sie nicht auf den ersten Blick wahrnahm. Hätte der Hase die Größe eines Elephanten, so wäre es wohl schneller gegangen. Derartig kleine Formen, wie wir sie hier vor uns haben, müßte man, um sie für einen weiteren Kreis demonstrierbar zu machen, entsprechend vergrößern.

Hockermerkmal am Calcaneus. — An die Vorderseite der Gelenkfläche der Trochlea calcanei schließt sich ein in proximodistaler Richtung 2 mm breites Feldchen an, welches auf der Oberseite des Processus anterior liegt und mit der entsprechenden Fläche an der Fibula (S. 106) zusammen ein „Hockermerkmal“ darstellt. Es ist bemerkenswert, daß sich ein Hockermerkmal sowohl an Tibia und Talus wie an Fibula und Calcaneus findet. Über die Bedeutung wird später gesprochen werden; dabei wird sich zeigen, daß die mechanische Bedeutung beider nicht genau übereinstimmt. Die betreffende Fläche am Calcaneus erblickt man auf den Abb. 8, I 11, IV 24, IV 25, V 26.

2. Sustentaculum tali (Sustentaculum pro talo). — Das Sustentaculum tritt nicht an derjenigen Kante hervor, welche die obere und die mediale Fläche des Calcaneus miteinander bilden, sondern weiter unten an der medialen Fläche, sogar dem unteren Rande der letzteren näher wie dem oberen. Es ist 3 mm breit in querer Richtung und 4,5 mm lang, also in Beziehung gesetzt zur Länge des Knochens (34 mm) sehr kurz. Die untere Fläche desselben ist eingenommen durch den Sulcus flexoris digit. comm., die obere durch eine Gelenkfläche. Diese steht jedoch nicht horizontal (auf die Längsachse des Knochens bezogen), sondern ist medianwärts und nach vorn abhängig. Hieran möchte ich gleich eine Bemerkung knüpfen über die Lage des Talus zum Calcaneus.

Krause gibt (für das Kaninchen) an, der Talus liege nicht auf dem Calcaneus, sondern an dessen medialer Seite. Das scheint auch

richtig, wenn man die beiden Knochen von oben anblickt. Betrachtet man sie aber von unten her, so bemerkt man, daß doch der Talus auf dem Sustentaculum aufsitzt (Abb. 12). Da aber dessen obere Fläche wie angegeben geneigt ist, so würde der Talus abrutschen, wenn er nicht durch das starke Ligam. talocalcaneum interosseum gehalten würde.

3. Hauptgelenkfläche für den Talus. — Ebenso wie wir bei der Gelenkfläche am Talus ausgingen von der Rinne (S. 109), so gehen wir bei dem Calcaneus am besten aus von der Kante, welche in diese Rinne paßt. Die Kante beginnt oben an der medialen Seite der Trochlea calcanei und läuft von da aus abwärts, indem sie dabei immer mehr aus der Fläche heraustritt und zugleich sich leicht nach vorn biegt; mit ihrer unteren Hälfte bildet sie die obere Kante des hinteren Randes des Sustentaculum. (Abb. II 18).

An die Rückseite der oberen Hälfte der Leiste schließt sich eine Fläche an, die 4,5 mm breit (in horizontaler Richtung) und 5,5 mm hoch ist. Mit der Leiste zusammengenommen ist sie in horizontaler Richtung konkav. An der vorderen Seite der Leiste liegt eine leicht konkave Fläche, die sich nach unten fortsetzt in die Fläche auf der oberen Seite des Sustentaculum (s. S. 112). Jedoch ist an der Stelle des Übergangs eine Einschnürung; auch können beide Abschnitte der Fläche vollkommen voneinander getrennt sein, wie es z. B. auf der Abb. II 18 zu sehen ist.

Wenn man sieht, wie schön die Leiste des Calcaneus und die Furche des Talus aufeinander passen, so bekommt man gleich die Vorstellung, daß die Leiste in der Furche laufen müsse, und daß diese Einrichtung zur „Führung" bei der Bewegung des Talus gegen den Calcaneus diene. Das ist auch der Fall, aber nur für die obere Hälfte der Leiste. Die untere Hälfte der Leiste oder, was dasselbe sagt, die obere Kante des hinteren Randes des Sustentaculum dagegen hat eine andere mechanische Verwendung. Um dies zu verstehen, muß man am Talus die Stelle aufsuchen, die unmittelbar vor dem unteren Ende des Sulcus flex. digit. comm. liegt (Abb. 5). Diese Stelle schlägt, wenn Talus und Calcaneus gegeneinander im Sinne der Plantarflexion bewegt werden, an den hinteren Rand des Sustentaculum an, und auf diese Weise kommt eine sehr wirksame Knochenhemmung zu Stande.

c) Processus anterior. — Der Proc. ant. trägt drei Gelenkflächen, je eine für Cuboides, Talus und Naviculare.

1. Gelenkfläche für das Cuboides. (Abb. II 18). — Diese ist die größte. Sie ist in horizontaler Richtung konvex, jedoch steht die Schnittebene für die Konvexität schief, mit dem medialen Ende tiefer. Rechtwinklig dazu ist die Fläche konkav. Sie hat also die gleiche Krümmung wie die Facies cuboidea am Calcaneus des Menschen. Das ist sehr auffallend, da dieser morphologischen Übereinstimmung nicht eine funktionelle entspricht. Denn beim Menschen sind wir gewohnt und berechtigt, diese Oberflächengestaltung mit der abduktorischen Bewegung in Verbindung zu bringen. Beim Hasen fehlt aber eine solche und es ist nur flexorische Bewegungsmöglichkeit vorhanden (s. später).

2. Gelenkfläche für das Naviculare (Abb. II 18). — Es ist eine winzige Gelenkfläche, welche an der vorderen oberen medialen Ecke des Calcaneus steht, median- und etwas vorwärts gerichtet ist und mit der Facies cuboidea in einer Kante zusammenstößt.

3. Vordere Gelenkfläche für den Talus (Abb. 8.) — Eine winzige, nur 2 mm große Gelenkfläche, die durch einen besonderen kleinen Knochensockel getragen wird und medianwärts schaut. So klein sie ist, so ist sie doch für die Bewegung des Talus gegen den Calcaneus, bezw. des Calcaneus gegen den Talus sehr wichtig. An ihr schleift das früher erwähnte sichelförmige Feld am Kopf des Talus.

e) Naviculare.

Das Naviculare ist, an der dorsalen Seite gemessen, 7,5 mm lang und 9 mm breit. Es articuliert mit allen sechs übrigen Tarsalknochen: mit dem Talus, Calcaneus, Cuboides, 3., 2., 1. Cuneiforme, bezw. da das letztere zu einem Fortsatz des zweiten Metatarsale geworden ist, mit diesem. Die Gelenkfläche für den Calcaneus ist lateral- und rückwärts, die für das Cuboides lateral- und vorwärts, die für das Cuneiforme III. und ebenso die für das II. vorwärts, die für das Cuneiforme I. vor- und medianwärts gerichtet. Alle diese Verbindungen gehören straffen Gelenken an. Nur die nach hinten gegen den Talus gerichtete Fläche hat eine größere Bedeutung. Sie ist ein Abschnitt einer Hohlzylinderfläche, welche in dorsoplantarer Richtung gekrümmt ist.

Am Naviculare befindet sich ein besonders zu besprechender plantarwärts gerichteter Fortsatz, welcher sich am unteren Ende zu einer Platte verbreitert (Abb. 5, I 12, I 13). Diese Platte ist 5 mm breit (in querer Richtung) und 11 mm lang (in proximodistaler Richtung).

Ihre freie (plantare) Fläche ist in Längsrichtung leicht gehöhlt; der mediale und der laterale Rand derselben laufen parallel, vorn ist sie quer abgestutzt. Da sie 11 mm, der Körper des Naviculare aber nur 7,5 mm lang ist, so überragt sie diesen erheblich und zwar geschieht dies nach vorn (distalwärts). Dieses vordere Ende liegt unterhalb des (plantarwärts von dem) 2. und 3. Cuneiforme, berührt aber diese nicht, sondern bleibt von ihnen durch einen Abstand, vom 3. Cuneiforme sogar durch einen erheblichen Abstand geschieden.

Diesen Fortsatz hat W. KRAUSE (beim Kaninchen) wohl bemerkt und als „bedeutende Hervorragung" erwähnt, aber sonderbar gedeutet. Er behauptet nämlich, „daß beim Gehen hauptsächlich mit diesem Knochen der Boden berührt wird" (l. c. S. 134). Man versuche einmal, sich das vorzustellen! — Der Hase verwendet seine Beine, um im flüchtigen Lauf dem Verderben zu entrinnen, und dabei sind Tarsus und Metatarsus steil gegen den Boden, mit dem hinteren Ende höherstehend, gerichtet. Es gehört aber auch, wenn das Fußskelet des Hasen richtig, d. h. nach Form zusammengesetzt wird, die erwähnte Platte gar nicht zu den tiefstliegenden Stellen desselben. Und endlich: unter der Platte, gegen die Haut zu, liegt erst noch die Sehne des Flexor digit. comm. und die Plantarissehne. Die Behauptung also, daß die Platte des Naviculare zum Stützen auf dem Boden diene, ist von allem Unzulänglichen, was über die Mechanik des Leporidenfußes gesagt werden konnte, das Dürftigste.

Ich habe eine andere Vorstellung von der Bedeutung dieser Platte und hatte sie schon vor Jahren, bevor ich den Hasenfuß betrachtete, an den Füßen anderer Säugetiere gewonnen. Meine Vorstellung suche ich zur Anschauung zu bringen durch die Bezeichnung „Steg", indem ich dabei denke an das Plättchen, welches auf der Violine befestigt ist und über welches die Saiten hinweggeführt sind. So ist auch die Sehne des Flexor digit. comm. über (bez. unter) der Platte des Naviculare hinweggeführt und gleitet in der Aushöhlung derselben.

Natürlich hinkt dieser Vergleich wie die Mehrzahl der Vergleiche; aber er ist doch dazu gut, darauf hinzuweisen, daß eine innige funktionelle Beziehung zwischen dieser Platte und der Flexorsehne bestehen muß.

Diese Beziehung könnte nun an sich von zweierlei Art sein: 1. könnte sich das Naviculare und durch Vermittelung des Naviculare die Mitte des Fußskeletes auf die Sehne stützen und dadurch das Fußgewölbe gesichert werden; 2. könnte der Steg das Lager für die

Sehne des Flexor vervollständigen und dadurch die Sehnen sicher gegen die Zehen leiten, zugleich so daß die Mm. interossei nicht gedrückt werden.

Ich möchte mich für die zweite dieser beiden Möglichkeiten entscheiden und zwar deswegen, weil das nach vorn ragende Ende des Steges frei hervorsteht und sich nicht an die Basen der Metatarsalien anlegt.

Der Steg wird ergänzt bezw. nach vorn fortgesetzt durch ein Gebilde, welches ich den „Schnabel" des Steges nenne. (Abb. III 20). Der Schnabel ist nicht, wie es bei KRAUSE heißt (l. c. S. 168) ein „Sehnenblatt", entspringt auch nicht an der unteren Fläche des Naviculare, sondern ist eine fibröse Platte, die so steif ist wie Knorpel, und die sich an das vordere Ende des Steges, aber nicht nur an dieses, sondern auch an die Tuberositas des Cuboides anschließt. Sie ist da, wo sie sich an den Steg ansetzt, ebenso dick wie dieser, verdünnt sich aber nach vorn. Das vordere Ende setzt sich unmittelbar in die Mm. interossei fort (s. später), welche an ihm entspringen.

Steg und Schnabel bilden also, wie man sieht, eine Einheit; der Schnabel ist eine Fortsetzung des Steges. Deshalb muß nach einer gemeinsamen Erklärung für beide gesucht werden. Diese kann darin gefunden werden, daß durch den Schnabel das Lager für die Flexorsehne noch weiter nach vorn geführt wird, wozu dann die Ursprungsgelegenheit für die Interossei hinzukommt.

S t e g e b e i a n d e r e n S ä u g e t i e r e n. — Stege kommen auch bei anderen Säugetieren vor, wahrscheinlich bei sehr vielen derselben. Dies allein würde schon die Vorstellung von der Wichtigkeit derselben verstärken. Aber es kommt noch etwas anderes hinzu. Es ist nämlich nicht immer der gleiche Knochen, welcher zur Stegbildung verwendet wird. Außer dem Naviculare kommt auch das dritte Cuneiforme in Betracht. Diese beiden Knochen liegen aber doch wenigstens schon von vorn herein an der Stelle, und es bedarf nur einer geringen Umwandlung, um sie für die Stegbildung passend zu machen. Ganz anders ist es mit dem Tapir. Hier ist der Rest des ersten Strahles bezw. des ersten Metatarsale in Gestalt eines kleinen Knochens, der nicht länger als breit ist, unter das Fußskelet geschlagen und stützt die Flexorsehne, während er sich selbst wieder gegen das 3. Metatarsale stützt. Auch beim Känguru *(Macropus rufus)* wird der Rest des 1. Metat. als Steg verwendet. Dieser Umstand, daß morphologisch ungleichwertige Knochen für den gleichen funktionellen Zweck verwendet werden, zeigt, wie wichtig dieser Zweck ist.

f) Cuboides.

Am Cuboides ist die Tuberositas verhältnismäßig viel kräftiger als beim Menschen. Indem nun auch beim 5. Metatarsale die Basis an der plantaren Seite der Gelenkfläche in Form eines Wulstes vorspringt, so entsteht zwischen beiden Knochen eine Rinne, welche sich nach der medialen Seite hin erweitert.

g) Cuneiformia.

Das 3. Cuneiforme hat an der dorsalen Seite eine Länge von 6 mm und eine Breite von 5 mm; das zweite hat an der dorsalen Seite eine Länge von 4,5 mm und eine Breite von 3 mm. Das erste ist, wie gesagt, zu einem Bestandteil des 2. Metatarsale geworden.

h) Metatarsalien.

Es gibt nur 4 Metatarsalien, indem das erste auf einen geringen Rest reduciert und dieser in das zweite einverleibt worden ist. Abb. II 19). Bei W. KRAUSE findet sich Beschreibung und Abbildung eines jugendlichen, nicht einmal embryonalen Stadiums, woraus mit großer Deutlichkeit zu ersehen ist, daß auf dieser Stufe die Anlage des ersten Cuneiforme, die Basis des ersten Metatarsale und das zweite Metatarsale noch getrennt sind.

Das dritte Metatarsale ist am längsten (56 mm), das 5. am kürzesten (46 mm). In der Länge der Metatarsalien tritt die Streckung des Hasenfußes besonders anschaulich hervor. Der Fuß erhält dadurch eine eigentümliche Eleganz. Diese wird vervollständigt durch eine Reihe von Merkmalen, die aber in ihrer Gesamtheit nur voll zur Geltung gelangen, wenn der Fuß in Form zusammengesetzt ist. Zu diesen Merkmalen gehören die Biegung und die Drehung der Metatarsalien.

Das dritte Metatarsale allein ist ganz gerade; das zweite ist nach der medialen Seite, das 5. und auch schon das 4. nach der lateralen Seite abgebogen, so daß dadurch die Breite des Mittelfußes vorn 26 mm wird, während sie hinten nur 16 mm betrug.

Von der D r e h u n g innerhalb der Schäfte der Metatarsalien erhält man eine sehr bestimmte Vorstellung, indem man einerseits die dorsalen Flächen der Basen der Metatarsalien, andererseits die scharfen Leisten an den Unterseiten der Köpfchen, durch welche die Lager der Sesambeine voneinander getrennt werden, ins Auge faßt. Wenn man an dem nach Form zusammengesetzten Fuße die Köpfchen der Metatarsalien von vorn her betrachtet, so stehen

die Leisten derselben zwar nicht genau aber doch annähernd parallel, weichen jedenfalls nicht so sehr voneinander ab, wie man nach dem Anblick der Basen erwarten würde. Es muß also in den Schäften Drehung vorhanden sein. Den Grad derselben kann man erkennen, wenn man nacheinander jedes Metatarsale so stellt, daß die dorsale Fläche seiner Basis horizontal ist. Man sieht dann: Am Metatarsale III gar keine Drehung, am Metatarsale IV und ganz ebenso am Metatarsale V ist die Leiste fast um 45°, aber doch nicht ganz um 45°, medianwärts gedreht.

Es ist klar, was diese Drehung innerhalb der Metatarsalien bedeutet: Sie ist notwendig, damit die Zehen „richtig" auf den Boden aufgesetzt werden können, während doch der Fuß in der Gegend der Basen der Metatarsalien stark in querer Richtung gewölbt ist. Damit gewinnt dasjenige eine festere Grundlage, was über die Gewölbeform des Hasenfußes in der Einleitung (S. 103) gesagt worden ist.

Die Schmalheit des Mittelfußes in der Gegend der Basen der Metatarsalien bewirkt, daß die Mittelfußknochen sozusagen nicht recht Platz finden an den Tarsalien, wenigstens der dritte und vierte. Der zweite allerdings hat durch die Einverleibung des Restes des ersten sowie des ersten Cuneiforme besondere Bedingungen gewonnen; der dritte artikuliert in ganzer Breite seiner Basis mit dem dritten Keilbein; der vierte dagegen artikuliert nur in Breite von 3,5 mm und der fünfte nur in Breite von 3 m mit dem Cuboides. Um diese mangelhafte Verbindung auszugleichen, stützt sich das vierte Metatarsale mit einem niedrigen Fortsatz vor seiner Basis auf das dritte und das 5. mit einem gleichen Fortsatz auf das vierte.

An den Basen der Metatarsalien finden sich knopfartige Höcker, mit denen wir uns in den folgenden Abschnitten zu beschäftigen haben werden, und deren Lage wir uns daher schon jetzt recht genau einprägen mögen. Das 5. Metatarsale hat an der lateralen Seite seiner Basis einen Knopf zum Ansatz der Sehne des Peronaeus brevis (Abbild. I 11.). Die übrigen Höcker können in ihrer Lage nur richtig aufgefaßt werden an dem nach Form zusammengesetzten Skelet. Der des 3. und ebenso der des 4. Metatarsale ist rein plantarwärts gerichtet; der des zweiten dagegen (Abb. II 19) ebenso sehr, ja fast noch mehr lateralwärts wie plantarwärts, wie sich daraus erklärt, daß an ihn die Sehne des Peronaeus longus tritt. Am 5. Metatarsale findet sich nicht eigentlich ein Höcker, sondern eine scharfe mediale Kante, die durch einen Abstand von nur 4 mm von dem Knöpfchen des

zweiten Metatarsale getrennt ist. Da die Sehne des Peron. longus sich bereits an die Basis des 5. Metatars. fest ansetzt und von dort aus als „Band“ zum 2. Metatarsale weiterzieht, und da das 5. Metatarsale noch überdies durch ein starkes mit der Peron.-Sehne verwachsenes Band, das Ligam. basium metatars. transversum (s. später), mit dem 3. Metatars. verbunden ist, so ist gegen quere Abplattung, welche bei der Belastung von obenher eintreten möchte, hinreichend Vorsorge getroffen, wozu auch noch der steife im Vorhergehenden besprochene Schnabel kommt, indem er sich sowohl am Naviculare wie am Cuboides befestigt, und das Ligam. metatarsorostrale — ein weiterer Beitrag zur Gewölbstruktur des Hasenfußes!

Die Köpfchen der Metatarsalien haben ebenfalls sehr bestimmt ausgeprägte Merkmale, und es ist sicher bei einem für schnellen Lauf so spezialisierten Tiere jede Einzelheit von Wichtigkeit. Die Gelenkflächen sind auch nach der dorsalen Seite herum entwickelt; ja es sind sogar, anscheinend um die Dorsalflexion der Zehen ausgibig zu ermöglichen, auf der dorsalen Seite Gruben hinter den Köpfchen nach Analogie der Fossa olecrani des Menschen vorhanden Scharfe Leisten, welche die Lager für die je zwei Sesambeine trennen, beginnen niedrig auf den distalen Seiten der Köpfchen und setzen sich, höher werdend, auf die plantaren Seiten fort, sogar noch etwas über die Gelenkflächen proximalwärts hinaus (Abb. II 19). Wenn man von diesen Leisten absieht, so sind die Gelenkflächen nicht gleichmäßig, sondern dorsal nach kürzerem, plantar nach längerem Radius gekrümmt. In querer Richtung sind die Flächen fast gerade. Man kann sie also nicht als kugelig bezeichnen und müßte aus ihrer Gestalt schließen, daß die Gelenke zwischen Mittelfußknochen und Zehen beim Hasen rein flexorisch benutzt werden. Die Köpfchen bez. die Gelenkflächen derselben sind an der dorsalen Seite schmaler als an der plantaren Seite. — Für die Seitenbänder finden sich nicht Wülste sondern scharf eingetiefte Gruben (Abb. II 19), und zwar nicht kreisrund sondern elliptisch, in Längsrichtung der Knochen ausgezogen.

C. Gelenkbänder.

a) Allgemeines.

Während man bei der Untersuchung und Beschreibung der Knochen einigermaßen an Genauigkeit gewöhnt ist, so ist das Gleiche bei den Bändern nicht immer der Fall. Und doch verlangen gerade die Bänder den höchsten Grad von Sorgfalt. Wendet man diesen

an, so hat man auch Freude und Genuß von der Beschäftigung mit den Bändern.

Mechanische Eigenschaften der Gelenkbänder. — Die Bänder sind undehnbar (unelastisch). Dies wird nur deswegen in Erinnerung gebracht, weil immer noch wieder Einzelne glauben, die „Geschmeidigkeit" mancher Bevölkerungen und mancher Tiere auf gesteigerte Elastizität zurückführen zu können. Wie sollte es wohl zuverlässige Gelenke geben, wenn deren Bänder elastisch wären!

Die Bänder teilen noch eine zweite Eigenschaft mit den Sehnen: sie sind vollendet biegsam. Die Biegsamkeit wird abgeändert, wenn nicht ganz aufgehoben durch die Einwirkung von Konservierungsflüssigkeiten, Alkohol und noch weit mehr durch Formalin. Deswegen darf man auch Angaben über Bewegungsmöglichkeiten in Gelenken nur machen auf Grund der Untersuchung von frischem Material. Auch die Präparation der Bänder, d. h. die Isolierung gegenüber der Umgebung, ist nur am frischen Material gut möglich. — Auf die Faserrichtung ist streng zu achten; nach dieser sind die Bänder parallelfaserig, fächerförmig und gedreht. — Nach dem Verhältnis der Breite und Dicke gibt es strangförmige, bei denen Breite und Dicke ungefähr gleich sind, und platte, bei welchen die Breite mehr oder weniger bedeutend die Dicke übertrifft.

Ein weiterer Unterschied ist der von dicht und licht („licht" im Sinne von locker). Im dichten Bande schließen die Fibrillenbündel so dicht einander, daß zwischen ihnen kein Zwischengewebe vorhanden ist, so daß man eigentlich gar nicht von „Bündeln" sprechen kann; im weniger dichten Bande ist zwischen den Fibrillenbündeln mehr Bindegewebe eingelagert. Das ist ja nun schon ein mikroskopischer Unterschied; trotzdem macht er sich makroskopisch bemerkbar: Das dichte Band ist weiß, weil es optisch homogen ist und das Licht vollkommen zurückwirft, das nicht so dichte Band hat einen gewissen grauen Schein. Die Gelenkbänder des Hasenfußes sind weiß, sind also dicht, vielleicht mit Ausnahme des Ligam. navicuboideum.

Auch die Beziehung zum umgebenden Bindegewebe spielt eine große Rolle: manche Bänder grenzen an lockeres Bindegewebe, von welchem sie sich leicht isolieren lassen, andere grenzen an dichteres Gewebe. Die Gelenkbänder des Hasenfußes grenzen alle an lockeres Bindegewebe und sind daher scharf abgesetzt und leicht zu isolieren.

Stets muß man sich vor Augen halten, daß die Gelenkbänder zwei Aufgaben zu erfüllen haben: 1. bestimmen sie mit den Gelenk-

körpern der Knochen zusammen den Gang der Bewegung, sind also in diesem Sinne Ergänzungen der Gelenkkörper; 2. bestimmen sie, bis wohin die Bewegung gehen darf, hemmen diese.

Man darf aber über letzterem einen Unterschied nicht vergessen, den wir noch zu machen haben: Es gibt Bänder, die in allen Lagen des Gelenkes gespannt sind, und andere, die nur in einer Lage gespannt sind, also auch nur für eine Lage ihre volle Bedeutung haben. Das uns geläufige Beispiel ist das laterale Seitenband des menschlichen Kniegelenkes; in viel auffälligerer Weise tritt aber diese Eigentümlichkeit beim Ligam. tibionaviculare des Faultieres (*Bradypus*) hervor.

Man wird aus den vorausgehenden Bemerkungen gesehen haben, daß ich die Aufgabe nicht in einer Systematik der Gelenkbänder, sondern in deren Mechanik sehe. Allerdings muß die Systematik vorausgehen.

Benennungen der Gelenkbänder. — Die Gelenkbänder des Hasenfußes wird man wohl nicht anders benennen können, als man es mit Gelenkbändern gewöhnlich macht, indem man nämlich in dem Adjektivum die Namen der beiden Knochen vereinigt, an welchen sich das Band befestigt. Daraus entwickelt sich nun allerdings leider ein Konflikt mit der morphologischen Betrachtungsweise, denn eine Anzahl dieser Bänder befestigt sich anders, an anderen Knochen als die homologen Bänder beim Menschen, muß also bei Anwendung des genannten Benennungsprinzipes andere Bezeichnungen erhalten als die homologen Bänder. Das ist natürlich störend, wenn nicht gar verwirrend. Man darf sich aber durch dieses Bedenken ja nicht davon abbringen lassen, die morphologische Betrachtung im Auge zu behalten, denn nur sie zeigt uns deutlich, was aus morphologisch gleichwertigen (homologen) Bildungen werden kann. Ein Beispiel sei hier gleich angeführt, die Ligamm. calcaneocuboidea. Beim Menschen können wir drei Ligg. calcaneocuboidea, bezw. drei Abteilungen des Ligam. calc-cub., unterscheiden: ein rectum, ein obliquum und ein transversum. Ein obliquum und ein transversum gibt es beim Hasen nicht; sie hätten auch gar keine Bedeutung, da es beim Hasen keine Abduktion im Fuße sondern nur Flexion gibt. Das rectum befestigt sich beim Menschen an der Tuberositas des Cuboides, springt aber von dort hinüber zu den Basen der lateralen Metatarsalien; beim Hasen ist es in zwei Bänder zerfallen, ein oberflächliches und ein tiefes. Das oberflächliche befestigt sich aber gar nicht am Cuboides

sondern geht über dieses hinweg zum 5. Metatarsale, ist also ein „calcaneo-metatarsale"; das tiefe ist ein „calcaneo-cuboideum".

Dieses Beispiel zeigt, daß man durch den Vergleich tierischer Gelenkbänder mit denen des Menschen nicht nur die tierischen, sondern auch die menschlichen schärfer auffassen lernt.

Ich gehe nun zur Betrachtung der einzelnen Bänder des Hasenfußes über. Ich berücksichtige dabei nicht die metatarsophalangealen und die interphalangealen Gelenke. Ich habe also von den tarsocruralen, den tarsalen und den tarsometatarsalen Bändern zu sprechen. Von solchen fand ich 31, deren Namen ich zunächst aufführe:

Ligam. malleoli lateralis ant.
" " " post.
" calcaneo-fibulare superficiale
" " " profundum
" talo-fibulare
" calcaneo-tibiale
" talo-tibiale
" talo-calcaneum interosseum
" calcaneo-metatarsale plantare
" calcaneo-cuboideum plantare
" calcaneo-naviculare plantare
" calcaneo-cuboideum laterale
" calcaneo-naviculare dorsale
" cuboideo-naviculare dorsale
" cuneo-naviculare dorsale
" cuneo-cuboideum dorsale
" cuneo-cuboideum plantare
" calcaneo-metatarsale mediale
" navi-metatarsale mediale
" " " dorsale
" cuneo-metatarsale dorsale
" cuboideo-metatarsale dorsale
" " laterale
" " " plantare
" navi-metatarsale plantare
" metatarso-rostrale
" basium metatarsalium plantare transversum
Ligamm. " " plantaria (4).

Die Beschäftigung mit den Bändern des Hasenfußes ist reizvoll, weil diese scharf abgegrenzt sind, und weil bei dem Vergleich mit den Bändern des menschlichen Fußes allerlei interessante Erwägungen auftauchen.

Man kann die Bänder des Hasenfußes nach ihren Beziehungen zu der Mechanik des letzteren in drei Gruppen bringen: in eine hintere

oder die der „freien“ Gelenke des Tarsus, eine mittlere oder die der straffen Gelenke des Tarsus, und eine vordere oder die der tarsometatarsalen Verbindungen. Die hintere Gruppe streckt sich aber an einer Stelle an die vordere heran, nämlich mittels des Ligam. calcaneo-metatarsale plantare.

b) Die einzelnen Bänder.

1. Ligam. malleoli lateralis anterius. (Abb. 1, 8) — Ein 5 mm langes und 3 mm breites Band, an der Vorderseite des unteren Endes des Os cruris gelegen, vom Malleolus lateralis an die Tibia gehend. Ein anscheinend zweckloses Band, da Tibia und Fibula verschmolzen sind. Die Frage drängt sich auf, ob es ein Erbteil sei

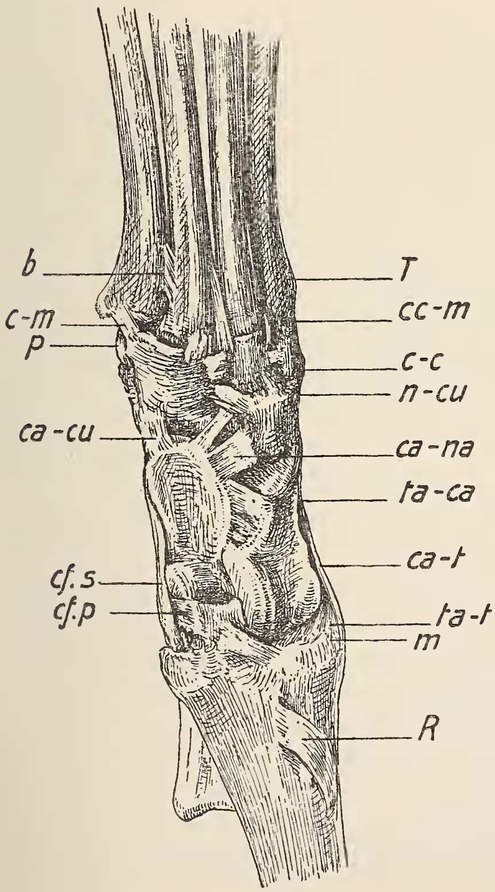


Abb. 1.
Skelet des linken Fußes mit Bändern von der dorsalen und etwas von der lateralen Seite. Die Drehung wurde vorgenommen, um das Ligam. talo-calcaneum interosseum voll zur Anschauung zu bringen.
Vergr. 5 : 8.

b. Ligam. basium metatars. zwischen Metat. IV. u. V.
ca-cu Ligam. calcaneo-cuboideum laterale.
ca-na. Ligam. calcaneo-naviculare.
ca-t. Ligam. calcaneo-tibiale.
c-c. Ligam. cuneo- cuboideum.
cc-m. Ligam. cuneo-cuboideo-metatarsale.
c-m. Ligam. cuboideo-metatars. zum 5. Metatarsale.
cf. p. Ligam. calcaneo-fibulare profundum.
cf- s. Ligam. calcaneo-fibulare superficiale.
m. Ligam. malleoli lateralis anterius.
n-cu. Ligam. navi-cuboideum.
P. Sehne des Peronaeus longus.
R. Retinaculum extens. digit et tibialis ant.
T. Ansatzstelle des Tibialis ant.
ta-ca. Ligam. talo-calcaneum interosseum.
ta-t Ligam. talo-tibiale.

aus einer Zeit, da beide Knochen noch getrennt waren. Ich wage nicht zu antworten.

2. Ligam. malleoli lateralis posterius. (Abb. 2) — 3 mm lang und 1,5 mm breit. An der Rückseite gelegen, sonst wie das vorige. Auch es scheint zwecklos; immerhin schleift die laterale Kante der Talusrolle an ihm, so daß man an eine Pfannenlippe denken könnte, wie auch beim anterius.

3. Ligam. calcaneo-fibulare superficiale. (Abb. 3, 5, 8). — Befestigt sich einerseits am hinteren Rande des Sulcus peronaeo-

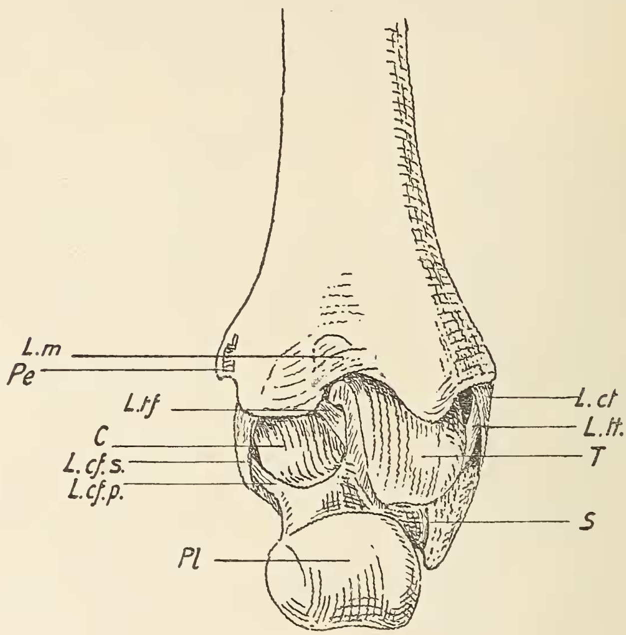


Abb. 2.
Os cruris, Talus und Calcaneus der linken Seite von hinten. Vergr. 5:11.

C. Trochlea calcanei.
L. cf. p. Ligam. calcaneo-fibul. profundum.
L. cf. s. Ligam. calcaneo-fibul. superficiale.
L. ct. Ligam. calcaneo-tibiale.
L. m. Ligam. malleoli later. posterius.
L. tf. Ligam. talo-fibulare
L. tt. Ligam. talo-tibiale.
Pe. Peronaeus-Rinne.
Pl. Furche für den Plantaris.
S. Sulcus flexoris an der Unterseite des Sustentaculum.
T. Trochlea tali.

rum des Os cruris und biegt, um an den Calcaneus zu gelangen, stark nach vorn, so daß es bei starker Dorsalflexion einen Halbkreis bildet und nur bei starker Plantarflexion gerade gestreckt ist. Es setzt sich am Calcaneus in Breite von 7 mm an, so daß der vordere Rand ganz in Längsrichtung des Fußes übergeht. Dadurch wird erreicht, daß bei Plantarflexion die vorderen und bei Dorsalflexion die hinteren Fasern gespannt sind.

4. Ligam. calcaneo-fibulare profundum. (Abb. 3, 5, 8). — Dieses Band ist breit und stark und entspricht in der Anordnung genau dem Ligam. calcaneo-fibulare des Menschen, indem es sich einerseits an der Spitze des Malleolus lateralis, andererseits an der Außenfläche des Calcaneus darunter und dahinter befestigt.

Die beiden zuletzt genannten Bänder kreuzen einander rechtwinklig, stehen also zu einander in dem Verhältnis „gekreuzter" Bänder. Am Os cruris entspringt das oberflächliche hinten, das tiefe vorn. Bei Plantarflexion ist das oberflächliche, bei Dorsalflexion das tiefe Band gespannt. Das tiefe Band hindert nicht die Fibula am Zurückweichen, wohl aber am Vorweichen gegenüber dem Calcaneus, ist also ein Hemmungsband gegen zu weit gehende Dorsalflexion; das oberflächliche ist wie auch das mediale Ligam. calcaneo-tibiale Hemmungsband gegen Plantarflexion.

5. Ligam. talo-fibulare (Abb. 2). — Befestigt sich einerseits an der Stelle des Os cruris, welche der Fibulagrube beim Menschen entspricht, andererseits an der lateralen Fläche der Talusrolle hinten, entspricht also dem Ligam. talo-fibulare posterius des Menschen. Ein dem Ligam. talo-fibulare ant. des Menschen gleichwertiges Band gibt es nicht.

6. Ligam. calcaneo-tibiale (Abb. 4). — Entspringt an der medialen Fläche der Tibia oberhalb der Spitze des Malleolus medialis und geht nach unten und vorn, wo es sich bedeutend verbreitert, so daß es, während es an der Tibia nur 2 mm breit war, auf 10 mm zunimmt. Es befestigt sich z. T. am Sustentaculum, z. T. reicht es noch weiter nach vorn und verschmilzt dort mit dem medialen Rande des Ligam. calcaneo-naviculare plantare.

7. Ligam. talo-tibiale (Abb. 4). — Ein sehr kräftiges Band; geht von der Spitze des Malleolus medialis an die mediale Fläche der Talusrolle, und zwar setzt es an der Tibia breit und am Talus schmal an, ist also fächerförmig. Es läßt zwei Züge, einen hinteren und einen vorderen erkennen, welche in der Faserrichtung verschieden sind.

Die beiden letztgenannten Bänder zusammen vertreten das Ligam. deltoides des Menschen; es sind also an dessen Stelle zwei getrennte, in der Richtung sich kreuzende Bänder getreten.

Entfernt man alle Fußknochen mit Ausnahme des Talus und alle Bänder mit Ausnahme des Ligam. talo-tibiale und talo-fibulare, so daß man ein Präparat bekommt, welches nur aus Os cruris, Talus, Ligam. talo-tibiale und Ligam. talo-fibulare besteht, so sitzt doch der Talus sicher in seinem Lager und läßt sich in demselben ungestört bewegen. An einem solchen Teilpräparat fällt auch auf, daß das

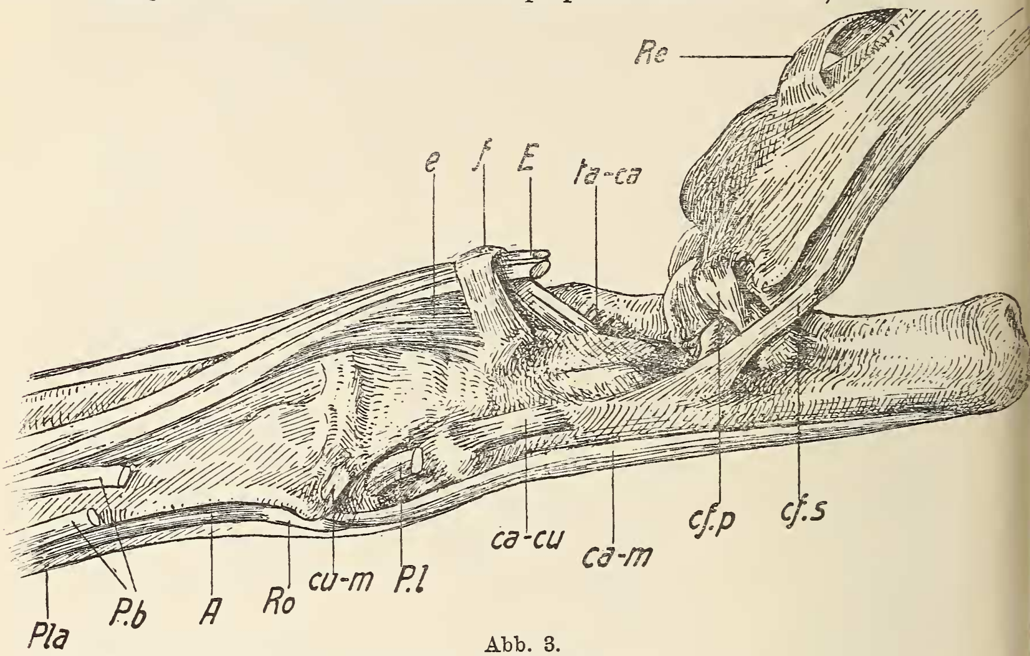


Abb. 3.

Skelet des linken Fußes mit Bändern, Sehnen und Extensor digtiorum accesorius von der lateralen Seite. Vergr. 5 : 10.

A. Abductor radii V.
ca-m. Ligam. calcaneo-metatars. plantare.
ca-cu. Ligam. calcaneo-cuboid. laterale.
cf. p. Ligam. calcaneo-fibul. profundum.
cf. s. Ligam. calcaneo-fibul. superficiale.
cu-m. Ligam. cuboideo-metatarsale.
E. Sehnen des Extensor digitorum.
e. Extensor accessorius.
f. Schleuderband.
P. b. Die beiden nach vorn gehenden Sehnen des Peron. brevis.
P. l. Sehne des Peronaeus longus.
Pla. Sehne des M. plantaris.
Re. Retinac. extensoris digit. et tibialis ant.
Ro. Schnabel des Steges.
ta-ca. Ligam. talo-calcan. interosseum.

Ligam. talo-fibulare mehr horizontal, das Ligam. talo-tibiale mehr senkrecht gerichtet ist, beides so wie beim Menschen.

8. Ligam. talo-calcaneum interosseum (Abb. 1, 3, 8). — Es lohnt sich, dieses Band genau zu beachten. Es ist kurz, aber breit, dabei horizontal gerichtet; sein vorderes Ende reicht fast bis an das vordere Ende des Talus, sein hinteres Ende dagegen ist von dem hinteren Ende des Talus weit entfernt. Es geht von der medialen Fläche des Processus anterior calcanei zur lateralen Fläche des Talushalses. Sein Ansatz ist am Calcaneus 8 mm., am Talus 6 mm breit. Es ist eine straffe Bandmasse zwischen den dicht nebeneinander liegenden Knochenstellen. — Was ist es nun, was wir an diesem Bande ablesen können?

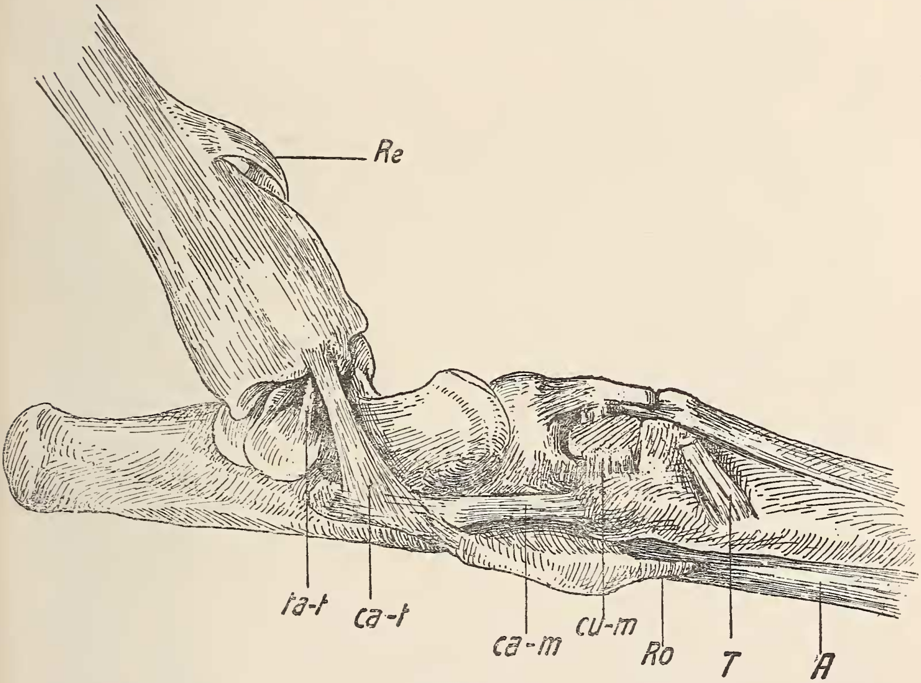


Abb. 4.

Skelet des linken Eußes mit Bändern von der medialen Seite. Vergr. 5:10.

A. Abductor radii II.
ca-m. Ligam. calcaneo-metatars. mediale.
ca-t. Ligam. calcaneo-tibiale.
cu-m. Ligam. cuneo-metatarsale.
Re. Retinaculum extens. digit. et tibialis ant.
Ro. Schnabel des Steges.
T. Sehne des Tibialis ant.
ta-t. Ligam. talo-tibiale.

Die horizontale Lage desselben erklärt sich daraus, daß der Talus mehr neben wie über dem Calcaneus liegt; die Kürze und ebenso die Breite sind bedingt durch die geringe Beweglichkeit beider Knochen gegeneinander, und die Lage des Bandes weiter vorn wird verständlich, wenn man beachtet, daß bei den Bewegungen des Talus gegen den Calcaneus sich der Talus hinten bedeutender und vorn nur wenig hebt und senkt. Die Achse für die drehende Bewegung beider Knochen gegeneinander darf man etwa in die Mitte des Bandes legen, und dahin würde auch dem Augenscheine nach der Mittelpunkt des Kreises fallen, von welchem die Furche im Talus einen Abschnitt bildet.

9. Ligam. calcaneo-metatarsale plantare (Abb. 3, 5). — Dieses Band zeigt uns wieder etwas sehr Interessantes, aber nicht für sich allein sondern in Verbindung mit dem Ligam. calcaneo-cuboideum. Beide Bänder zusammen stellen das Homologon des uns bekannten Ligam. calcaneo-cuboideum plantare des Menschen vor, welches sich vorn an den Wulst des Cuboides ansetzt, aber dann noch weiter zieht zu den Basen der lateralen Metatarsalien. Beim Hasen haben wir dafür zwei Bänder, je eines zum Metatarsus und zum Cuboides; also auch hier Zerspaltung eines beim Menschen einheitlichen Bandes in deren zwei, worin sich feinere Spezialisieruug ausspricht.

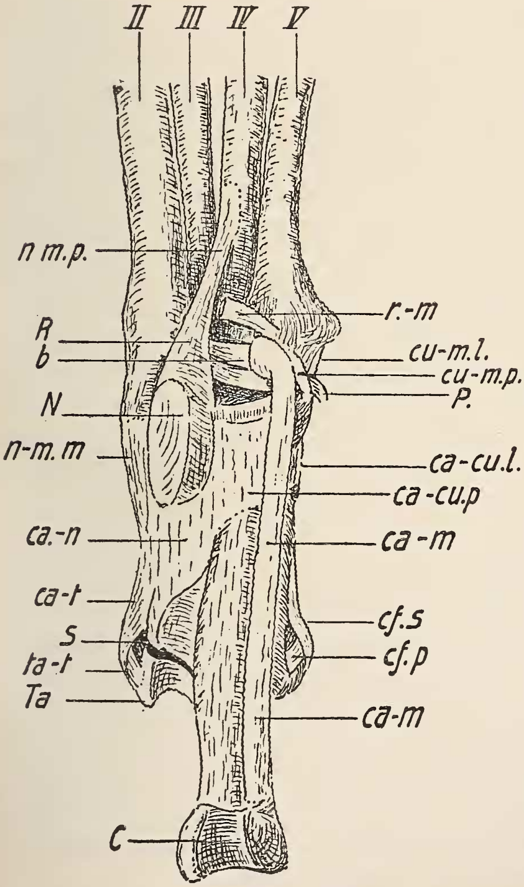
Das Ligam. calcaneo-metatarsale plantare liegt nicht rein plantar sondern plantar-lateral. Es ist sowohl am medialen wie am lateralen Rande scharf begrenzt und beginnt hinten dicht vor der hinteren Ecke des Calcaneus. In seiner Mitte liegt es dem Knochen fest auf und ist dadurch stärker abgeplattet, 4 mm breit. Vorn, wo es freier liegt, verschmälert es sich auf 3 mm und wird entsprechend dicker. Noch weiter vorn geht es über die Kante des Cuboides hinweg, welche etwas tiefer (mehr plantar) steht als die Basis des 5. Metatarsale. Dabei ist es in eine Rinne des Cuboids eingelassen. Zuletzt zieht es etwas dorsal- und noch mehr medianwärts, um die mediale hintere Ecke der Basis des 5. Metatarsale zu erreichen, an welcher es sich befestigt. Zwischen dem Bande und der Kante des Cuboides befindet sich ein Schleimbeutel, der aber nicht mit dem Artic. cuboideo-metatarsalis kommuniziert. — Der vordere Abschnitt des medialen Randes des Bandes grenzt an den lateralen Rand des „Schnabels“, ohne mit ihm verwachsen zu sein. Dadurch ist eine starke Biegung des Bandes vor seinem Ansatz an das Metatarsale bedingt (Abb. 5), die sonst nicht verständlich sein würde.

10. Ligam. calcaneo-cuboideum plantare (Abb. 5). — Dieses Band befestigt sich einerseits an einem Wulst der plantaren Seite des Calcaneus dicht hinter dem vorderen Ende des Knochens, andererseits an der Tuberositas des Cuboides. Der Abstand beider Wülste beträgt 10 mm., und diesem Abstande ist die Länge des Bandes gleich. Die Faserung des Bandes ist rein längs gerichtet.

Fassen wir nun die beiden zuletztgenannten Bänder zu einer Einheit zusammen, wozu uns ja ihre enge Zusammenlagerung und die gleiche Faserrichtung berechtigen, und vergleichen wir dieses Gebilde mit den Ligamm. bezw dem Ligam. calcaneo-cuboideum des

Abb. 5.

Linker Fuß von unten nach Entfernung des Schnabels. Vergr. 5:8.



II. 2. Metatarsale
III. 3. —
VI. 4. —
V. 5. —
b. Ligam. basium metatars. transversum.
C. Tuber calcanei mit Rinne für Plantaris-Sehne.
ca-cu. l. Ligam. calcaneo-cuboid. laterale.
ca-cu. p. Ligam. calcaneo-cuboid. plantare.
ca-m. Ligam. calcaneo-metatars. plantare.
ca-n. Ligam. calcaneo-navicul. plantare.
ca-t. Ligam. calcaneo-tibiale.
cf. p. Ligam. calcaneo-fibul. profundum.
cf. s. Ligam. calcaneo-fibul. superficiale.
cu-m. l. Ligam. cuboideo-metatars. laterale.
cu-m. p. Ligam. cuboideo-metatars. plantare.
N. „Steg“ des Naviculare.
n-m. m. Ligam. navi-metatars. mediale.
n-m. p. Ligam. navi-metatars. plantare.
P. Sehne des Peronaeus longus.
R. Rest des „Schnabels“.
r-m. Ligam. rostro-metatarsale, am Schnabel abgeschnitten.
S. Sustentaculum.
Ta. Talus mit Sulcus flexoris digitorum.
ta-t. Ligam. talo-tibiale.

Menschen, so finden wir mehrere Unterschiede, von deren Hervorhebung wir nicht nur Nutzen haben für das Verständnis des Hasenfußes, sondern auch für das des Menschen.

Das Erste ist, daß diese Bandmasse beim Hasen nicht in der unbestimmten Weise wie beim Menschen ausstrahlt zu den Basen der drei lateralen Metatarsalien, sondern in ganz klarer Weise an die Basis des 5. Metatarsale tritt. Dieser Ansatz reiht sich damit ein in das Bild der hochdifferenzirten tarso-metatarsalen Bänder, von denen wir im weiteren Verlauf zu sprechen haben werden.

Das Zweite ist die Schichtspaltung in ein oberflächliches Ligam. calcaneo-metatarsale und ein tiefes Ligam. calcaneo-cuboideum. Dies zeigt an, daß beim Hasen die Unabhängigkeit des 5. Metatarsale gegen das Cuboides größer ist als beim Menschen.

Das Dritte ist folgendes: Auch beim Menschen ist die calcaneocuboideale Bandmasse in Abteilungen zerlegt, sogar in deren drei, eine gerade, eine schiefe und eine quere (oder doch fast quere). Aber diese Teilung ist von ganz anderer Art und Bedeutung als die beim Hasen: alle diese drei Abteilungen sind Ligamenta calcaneo-cuboidea, ein rectum, ein obliquum und ein transversum (letzteres nach BARKOW; citiert nach HENLE, Handbuch Bänderlehre 2. Aufl. 1872, S. 180). Für das transversum ist sogar extra ein Ursprungsfeld am vorderen Ende der plantaren Fläche des Calcaneus ausgetieft. Ob man diese drei Abteilungen als „Ligamenta“ oder als „Partes“ des einen Ligam. calcaneo-cuboideum auffassen will, ist eine Frage von sekundärer Bedeutung. Ich habe sie schon vor Jahrzehnten, bevor ich etwas vom Hasen wußte, als selbständige Bänder auf Grund der Präparation betrachtet. Aber wenn man sich gar nicht um diese Unterschiede der Faserrichtung bekümmert, wie es in der B. N. A. geschehen ist, indem dort nur von einem „Lig. plantare longum“ die Rede ist (l. c. S. 43), so zeigt das, daß man sich von der verschiedenen funktionellen Bedeutung dieser Bänder nie Rechenschaft gegeben hat: Das längsgerichtete Band dient zum Schutz gegen die Durchbiegung bei der Belastung von oben her, das quere beschränkt die Abduktion nach der medialen Seite, das schiefe vereinigt in sich beide Aufgaben. Von da aus wird auch verständlich, warum der Hase kein schiefes und kein queres Band dieser Art hat: Diese Bänder fehlen ihm nicht etwa, um die abduktorische Bewegung nach der medialen Seite frei zu lassen, sondern weil es bei ihm gar keine solche Bewegung gibt, solche Bänder also überflüssig sind.

Eine vierte Bemerkung müßte die Länge des Ligam. calcaneo-cuboideum des Hasen betreffen; doch das kann erst im Anschluß an das folgende Band klar gemacht werden.

11. Ligam. calcaneo-naviculare plantare (Abb. 5). — Dieses Band befestigt sich einerseits am vorderen Rande des Sustentaculum tali, andererseits an der proximal-plantaren Kante des Naviculare. Das Band weicht in zwei Beziehungen von dem gleichnamigen Bande des menschlichen Fußes ab: 1. darin daß es nicht schief-, sondern längsgefasert, und 2. darin, daß es an seiner oberen Fläche nicht mit Faserknorpel belegt ist. Das erstere steht damit in Zusammenhang, daß die Bewegung in dem Artic. talo-navicularis nicht abduktorisch sondern flexorisch ist; das zweite damit, daß bei dieser Bewegung das Band gebogen wird, also nicht steif sein darf.

Betrachtet man den Bänderfuß von der plantaren Seite, so bemerkt man, daß das Ligam. calcaneo-cuboideum und das Ligam. calcaneo-naviculare eng aneinander schließen, und daß sie gleich-, nämlich längsgefasert sind. Sie erscheinen daher auf den ersten Blick wie ein Band; das sind sie eigentlich auch, eine Platte, welche sich hinten am Calcaneus und vorn am Naviculare und Cuboides anheftet. Der geringste Abstand von Sustentaculum und Naviculare ist 4 mm.; so lang ist also das Lig. calc.-navic. in minimo. So lang ist aber auch das Ligam. calcaneo-cuboideum. Aber dieses ist gegen das Ligam. calc.-naviculare verschoben, indem sowohl sein Ursprung wie sein Ansatz weiter distal liegen. Die gleiche Länge beider Bänder läßt sich darauf zurückführen, daß sie beide in gleicher Weise in Anspruch genommen werden, nämlich um der Durchbiegung des Fußes bei der Belastung von oben zu widerstehen.

Damit hat auch das seine Erledigung gefunden, was bei der Besprechung des Ligam. calcaneo-cuboideum unerörtert blieb, nämlich warum das genannte Band an den beiden Knochenwülsten und nicht unmittelbar an den Rändern des Gelenkspaltes ansetzt. Würde es letzteres tun, so würde seine Länge nicht der des Ligam. calcaneo-naviculare gleich sein können, dessen Länge wieder durch den Abstand des Sustentaculum von dem Naviculare bedingt ist.

12. Ligam. calcaneo-cuboideum laterale (Abb. 1, 3). — Es geht von der dorsal-distal-lateralen Ecke des Calcaneus an die dorsal-proximal-laterale Ecke des Cuboides hinter die Furche für den Peronaeus longus.

13. Ligam. calcaneo-naviculare dorsale (Abb. 1.). —

Besteht aus zwei Abteilungen, die durch eine Spalte getrennt sind; entspringt, 4 mm breit, an der dorsal-distal-medialen Ecke des Calcaneus und befestigt sich 6 mm breit auf der dorsalen Seite des Naviculare.

Um die mechanische Bedeutung dieses Bandes richtig zu verstehen, muß man ein Teilpräparat in die Hand nehmen, welches aus nichts weiter wie aus dem Calcaneus, Naviculare, Ligam. calcaneonaviculare plantare und Ligam. calcaneo-naviculare dorsale besteht. Es fällt dann zunächst rein anatomisch auf, daß die Faserrichtung beider Bänder rechtwinklig zueinander steht, indem das plantare derselben genau längs und das dorsale genau quer gefasert ist. Sucht man dann die beiden Knochen gegeneinander zu bewegen, so bemerkt man, daß dies nur in ganz geringem Grade möglich und daß die Bewegung eine flexorische ist.

14. Ligam. cuboideo-naviculare dorsale (Abb. 1, 8) — Ein schmaleres Band, verläuft schief von der hinteren medialen dorsalen Ecke des Cuboides zur vorderen dorsalen lateralen Ecke des Naviculare.

15. Ligam. cuneo-naviculare dorsale (Abb. 8). — Ein kurzes aber 4 mm breites Band von der distal-dorsalen Kante des Naviculare zur proximal-dorsalen Kante des 3. Cuneiforme.

16. Ligam. navi-metatarsale dorsale (Abb. 8). — Bildet in seinem hinteren Abschnitt den lateralen Rand des eben erwähnten Bandes; vorn wird es frei, 1 mm breit und setzt sich an die mediale Kante des 3. Metatarsale. Vom Naviculare an gemessen, hat es eine Länge von 15 mm.

17. Ligam. cuneo-cuboideum dorsale (Abb. 8). — Ein schwaches queres Band von der dorsal-medialen Kante des Cuboides zur dorsal-lateralen Kante des 3. Cuneiforme.

18. Ligam. cuneo-cuboideum plantare. — Es ist ein sehr starkes Band, geht schief von der plantaren Kante des 3. Cuneiforme an das Cuboides.

19. Ligam. calcaneo-metatarsale mediale (Abb. 4). — Geht vom medialen Abschnitt des vorderen Randes des Sustentaculum tali, bezw. zweigt sich ab vom medialen Rande des Ligam. calcaneonaviculare plantare zum Processus styloides metatarsalis II, ist glänzend weiß, 2 mm breit und macht einen sehr kräftigen Eindruck.

20. Ligam. navi-metatarsale mediale. — Entspringt an einem Wulst der medialen Fläche des Naviculare und geht vor- und

etwas medianwärts gerichtet an den Griffel des 2. Metatarsale; ist 5 mm lang und 1,5 mm breit.

21. Ligam. cuneo-metatarsale dorsale (Abb. 4, 8). — Ein ganz kurzes, 3 mm breites Band, welches quer von der dorsal-medialen Kante des Cuneiforme II genau quer zum Processus styloides metatarsalis II hinüberzieht.

22. Ligam. cuboideo-metatarsale dorsale (Abb. 1). — Ein 3 mm breites aber sehr dünnes Band, 4 mm lang, welches von der dorsal-distalen Kante des Cuboides an die dorsale Kante des 4. Metatarsale geht.

23. Ligam. cuboideo-metatarsale laterale (Abb. 11, 13 15, 23). — Geht von der dorsal-distal-lateralen Ecke des Cuboides distal- und lateralwärts an die proximale Seite des Knöpfchens des 5. Metatarsale.

24. Ligam. cuboideo-metatarsale plantare. — Ich möchte die Beschreibung der noch folgenden Bänder durch eine Bemerkung einleiten: die Äußerung von KRAUSE, die vorderen Tarsusbänder seien (beim Kaninchen) ohne Interesse (l. c. S. 134), ist ganz falsch und läßt sich nur daraus erklären, daß dieser Fuß zu klein ist. Wäre der Hasentarsus so groß wie der Menschentarsus, so würden alle diese Bänder als sehr bedeutungsvoll sofort erkannt werden. Sie sind glänzend, also dicht, und sämtlich scharf abgegrenzt gegen die Umgebung. Auch ist in ihrer Anordnung stets eine klare Zweckbestimmung zu sehen.

Das Ligam. cuboideo-metatarsale plant. (Abb. 5) befestigt sich an dem Wulst des Cuboides zwischen den Furchen für den Peronaeus longus und für das Ligam. calcaneo-metatarsale plantare und andererseits an einem flachen Wulst der plantaren Seite der Basis des 5. Metatarsale; es überbrückt mit dem Ligam. calcaneo-metatarsale plantare zusammen die Furche des Cuboides.

25. Ligam. navi-metatarsale plantare (Abb. 3). — Ein sehr schönes starkes, scharf abgegrenztes Band, welches vom vorderen Ende des Steges zum 4. Metatarsale geht, an welches es sich 12 mm vor dem hinteren Ende ansetzt. Ich fand das Band in einem Falle 15 mm, in einem zweiten 19 mm lang. Sein hinterer Abschnitt ist mit der Oberseite des Schnabels des Steges fest verbunden; es wird also von dem Schnabel großenteils verdeckt.

26. Ligam. rostro-metatarsale (Abb. 5). — Es befestigt sich am 5. Metatarsale an der gleichen Stelle wie das Ligam. cal-

caneo-metatarsale (s. S. 128). Von da geht es fast quer medianwärts, aber doch zugleich etwas distalwärts und tritt in den Schnabel des Steges 7 bis 8 mm vor dem Cuboides ein. Das Band ist 1,5 mm breit und sehr kräftig; es trägt zur Sicherung des Schnabels bei.

27. Ligam. basium metatarsalium transversum (Abb. 5, 6). — Ein queres, sehr starkes, 6 mm langes und 2 mm breites Band zwischen dem plantaren Höcker an der Basis des 3. Metatarsale und der Basis des 2. Metatarsale. Es muß hier gleich erwähnt werden, daß die Sehne des Peronaeus longus, indem sie sich fest an der Basis des 5. Metatarsale ansetzt, von da bis zu ihrer Endigung am 2. Metatarsale auch nichts anderes ist als ein Band, was sich auch darin äußert, daß sie sogar mit dem Ligam. transversum, dem sie anliegt und mit dem sie gleichgerichtet ist, verwächst. Dadurch kommt ein doppelt starkes Band zu Stande, welches in wirksamer Weise der Verbreiterung des Fußes, dem Auseinanderweichen der Basen der Metatarsalien bei der Belastung von oben widersteht.

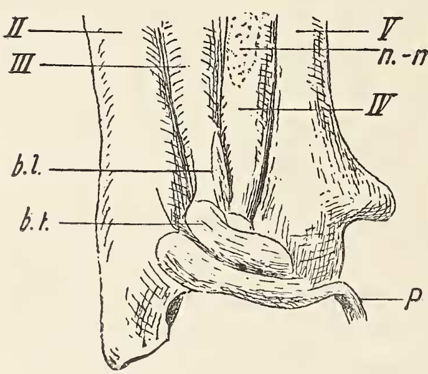


Abb. 6.
Basen der Metatarsalien des linken Fußes von der plantaren Seite. Vergr. 5 : 11.
II. 2. Metatarsale.
III. 3. —
IV. 4. —
V. 5. —
b. l. Ligam. basium metatars. vom 4. zum 5. Metatarsale.
b. t. Ligam. basium metatars. transversum vom 3. zum 5. Metatarsale.
n-m. Ansatzstelle des Ligam. navi-metatars. plantare.
P. Sehne des Peronaeus longus.

Die vier noch zu erwähnenden Ligamenta basium metatarsalium sind sämtlich nicht quer, sondern mehr längs gerichtet, also von der Anordnung, an welche man bei solchen Bändern zu denken pflegt, abweichend, was natürlich auch seine funktionellen Gründe hat.

28. Ligam. basium metatarsalium zwischen 2. und 3. Metatarsale. — Ein kräftiges 2 mm breites Band von der proximal-plantaren Ecke des 3. Metatarsale zur lateralen Kante des 2. Metatarsale.

29. Ligam. basium metatars. ebenfalls zwischen 2. und

3. Metatarsale aber in anderer Anordnung. — Ein kräftiges 2 mm breites Band von der lateralen Seite der Basis des 2. Metatarsale distalwärts gerichtet zur medialen Seite des 3. Metatarsale.

Die beiden letztgenannten Bänder sind ihrer Anordnung nach als gekreuzte Bände zu bezeichnen.

30. Ligam. basium metatarsalium zwischen 3. und 4. Metatarsale. — Kräftiges 4 mm langes, in einen dorsalen und einen plantaren Strang geteiltes Band von der Basis des 4. Metatarsale distalwärts zur lateralen Seite des 3. Metatarsale.

31. Ligam. basium metatars. zwischen 4. und 5. Metatarsale. — Schwaches Band in der gleichen Anordnung wie das vorige, aber zwischen 5. und 4. Metatarsale.

Da ohne Zweifel die Fülle der Bänder-Bezeichnungen etwas Verwirrendes hat, so gebe ich noch eine kurze Übersicht, wobei ich mich auf das Wichtigere beschränke. Ich füge die Nummern aus dem vorausgehenden Verzeichnis bei, um das Auffinden zu erleichtern.

a) Ligamenta cruro-tarsalia. — Hier sind zu nennen die zwei Paare gekreuzter Bänder (Nr. 3 und 4, 6 und 7) und das Ligam. talo-fibulare (Nr. 5).

b) Ligamenta intertarsalia. — Hier hebe ich hervor Ligam. talo-calcaneum interosseum (Nr. 8), Lig. calcaneo-cuboideum plantare und calcaneo-naviculare plantare (Nr. 10 und 11), Ligam. calcaneo-naviculare dorsale (Nr. 13), Ligam. calcaneo-cuboideum laterale (Nr. 12).

c) Ligamenta tarso-metatarsea und Ligamenta basium metatarsalium. — Hier sind zu unterscheiden Quersicherungen und Längssicherungen.

1. Quersicherungen. — Schnabel des Steges, Ligam. rostro-metatarsale (Nr. 26), Ligam. basium metatars. transversum (Nr. 27), plantares Stück der Sehne des Peronaeus longus.

2. Längssicherungen. — Ligam. calcaneo-metatarsale plantare (Nr. 9), Ligam. calcaneo-metatarsale mediale (Nr. 19), Ligam. navi-metatarsale plantare (Nr. 25).

Bemerkenswert ist in dieser dritten Gruppe zweierlei: die außerordentliche Stärke der Quersicherungen, um die Querwölbung zu schützen, und die Befestigung einer Anzahl der Längsbänder nicht unmittelbar vor den Gelenkspalten, sondern etwas weiter distal, wodurch ein gewisses Pendeln der Metatarsalien ermöglicht wird, was der Spreizung der Strahlen zugute kommt.

d) Ligamenta metatarso-phalangea und interphalangea. — Mit diesen habe ich mich nicht genauer beschäftigt.

Am Schlusse dieses Abschnittes darf man sagen: die genaue Betrachtung der Bänder hat sich gelohnt, gerade weil sie genau war, auch abgesehen von der Beziehung zu den Gelenken, die ja ohne sie nicht verständlich sein würden. Es haben sich Bänder gefunden, die genau so sind wie die des Menschen, andere, die von ihnen in bestimmter und klar motivierter Weise abweichen; einige, die beim Menschen vorhanden sind, fehlen beim Hasen, andere finden sich beim Hasen, die es beim Menschen nicht gibt; ja es ist in einigen Fällen die Ähnlichkeit der Bänder größer als die der zugehörigen Knochenstellen. Damit haben die Bänder ihr Anrecht auf morphologische Beachtung erwiesen.

D. Bewegungsmöglichkeiten.

a) Allgemeines.

Bewegungsmöglichkeiten und Gelenkformen gehören zusammen. Die Bewegungsmöglichkeiten sind bedingt durch die Gelenkformen und die Gelenkformen werden von den Bewegungsmöglichkeiten aus verständlich, untersuchen aber muß man sie beide getrennt. Man darf nicht bestimmte Schlüsse über Möglichkeit, Art und Ausdehnung von Bewegungen machen auf Grund der Untersuchung von isolierten Knochen, zusammengetrockneten Skeleten und konservierten Leichen. Das mache ich mir immer zur Regel, und jeder andere sollte es auch tun. Den Palaeontologen, die sich mit Tieren zu beschäftigen haben, von welchen nur die weichteillosen Skelete erhalten sind, muß man es zugute halten, wenn sie die Phantasie zu Hilfe nehmen, was sie auch reichlich tun, und wobei zuweilen sehr widerspruchsvolle Darstellungen der Haltungen und Bewegungsmöglichkeiten ausgestorbener Tiere herauskommen. Bei Tieren, die jetzt noch leben, sollte es selbstverständlich sein, daß man Angaben über Bewegungsmöglichkeiten nur macht auf Grund der Untersuchung von frischem Material. Hat man solches nicht zur Verfügung, so soll man ruhig sagen: „Ich weiß es nicht!“ und soll es anderen, die in der Erlangung frischen Materiales glücklicher sind, überlassen, die Lücke zu füllen. Tut man dies nicht und setzt Willkür und Annahmen an die Stelle von Tatsachen und Beobachtung, so zerstört man damit die Achtung für die Kenntnis der Bewegungsmöglichkeiten, und das ist sehr zu be-

dauern, denn diese Kenntnis ist ein Glied in der Kette der Betrachtungen, welche zusammen zum Verständnis der Gelenkmechanismen gehören, und wenn man ein Glied in der Kette schwächt oder entfernt, so beraubt man die ganze Kette ihrer Tragfähigkeit.

Bei W. KRAUSE finden wir den Satz: die Beweglichkeit „des Fußes" — beim Kaninchen — „im Ganzen ist eine sehr geringe" (l. c. S. 133). Sollten bei dieser Bemerkung die Bewegungen des Fußes gegen den Unterschenkel und die der Zehen gegen die Metatarsalien mit eingeschlossen sein, so wäre dieselbe erstaunlich falsch, denn diese Bewegungen sind sehr ausgedehnt; wenn aber nur die Bewegungen innerhalb des Tarsus gemeint sind, so ist die Äußerung zutreffend.

b) Tarso-crurale und intratarsale Bewegungsmöglichkeiten.

Zwischen den Bewegungsmöglichkeiten des Hasenfußes und denen des Menschenfußes bestehen zwei wichtige Unterschiede:

1. Beim Menschen können die Bewegungen des Fußes und die Bewegungen im Fuße nicht nur unabhängig voneinander ausgeführt werden, sondern werden es auch beständig; beim Hasen müssen sie immer gleichzeitig ausgeführt werden, sind gekoppelt.

2. Beim Menschen besteht die Bewegungsmöglichkeit im Fuß in Abduktion (im Sinne von HENKE), beim Hasen in Flexion.

Um darüber klar zu werden, was mit diesen Sätzen gemeint ist, muß ein Blick auf den menschlichen Fuß geworfen werden; und da das, was über dessen Bewegungsmöglichkeiten zu sagen ist, nicht allgemein bekannt ist, muß ich hier dasjenige wiederholen, was ich schon bei anderer Gelegenheit gesagt habe. („Nach Form aufgestelltes Skelet eines Pes equinovarus" Klinische Wochenschrift 1926).

Fußbewegungen des Menschen. — Die Fußbewegungen des Menschen — genauer: Fußbewegungs-Möglichkeiten — sind Bewegungen (Bewegungsmöglichkeiten) des Fußes und Bewegungen (Bewegungsmöglichkeiten) im Fuß. Die Bewegungen des Fußes sind Bewegungen des Talus gegen die Tibia, die Bewegungen im Fuß Bewegungen zugleich im Artic. talocalcaneus, calcaneocuboideus und talonavicularis. Bei den Bewegungen des Fußes wird der Fuß im Ganzen dorsalwärts und plantarwärts flektiert, bei den Bewegungen im Fuß wird der Vordertarsus nebst Calcaneus gegen den Talus median- und lateralabduktorisch bewegt, wobei, wenn die Fußspitze medianwärts geführt wird, gleichzeitig der mediale Fußrand gehoben werden muß.

Diese beiden Bewegungsarten bestehen nicht nur als getrennte Möglichkeiten im Skelet, sondern sie werden auch vom lebenden Körper getrennt ausgeführt, und zwar beständig. Heutzutage, bei den kurzen Kleidern, dünnen enganliegenden Strümpfen und ausgeschnittenen Schuhen der Mädchen und Frauen hat man täglich tausendfach Gelegenheit, sich davon zu überzeugen: Beim wohlgebildeten Schritt wird nur der Fuß gegen den Unterschenkel bewegt (abgesehen von den Bewegungen der Zehen gegen die Metatarsalien), es findet aber gar keine Bewegung im Fuße statt. Man sieht wohl gelegentlich einmal eine gewisse abduktorische Mitbewegung bei Schreitenden und noch eher bei Laufenden, aber man fühlt dann immer gleich, daß dies fehlerhaft ist. Umgekehrt hat man auch zur Beobachtung der Bewegungen im Fuß, die reichlichste Gelegenheit an demselben Untersuchungsmaterial, z. B. in der Untergrundbahn, wenn weibliche Wesen einen Fuß über den anderen schlagen und ihn auf dem lateralen Fußrand aufruhen lassen, und man kann sich leicht davon überzeugen, an seinem Fuß und an einem anderen, daß solche Bewegungen in ausgibigem Maaße möglich sind ohne irgend eine Änderung der Stellung des Talus gegen den Unterschenkel.

Diese Tatsachen, welche sich täglich an hunderten von Beispielen vor unseren Augen von selbst abspielen und trotzdem in der Ausdrucksweise der Anatomen und Praktiker (Orthopäden) keinen Niederschlag gefunden haben, wurden hier nur zur Sprache gebracht, um durch Vergleich von Menschenfuß und Hasenfuß die Eigenart der Bewegungsmöglichkeiten des letzteren schärfer zu kennzeichnen. Diese Eigenart besteht, um es zu wiederholen, darin, daß auch die intratarsalen Verbindungen flexorisch und nur flexorisch in Anspruch genommen werden, und darin, daß die tarso-cruralen und intratarsalen Bewegungsmöglichkeiten miteinander zwangsmäßig verbunden sind. Man wird nicht fehlgehen, wenn man das koppelnde Stück in diesem reichkombinierten Mechanismus in der Verbindung des Calcaneus mit dem Os cruris erblickt.

Vom Standpunkte der Teleologie (Zweckmäßigkeit) aus gesehen ist der gefundene Zustand begreiflich: Die abduktorische Bewegung innerhalb des Tarsus, nützlich für das Klettertier und daher aufs Höchste gesteigert beim Faultier *(Bradypus)* und in dessen talo-calcanealer und talo-navicularer Verbindung sich spiegelnd, ist für das Lauftier entbehrlich, ja sie würde für den Hasen, der um sein Leben laufen muß, eine Gefahrquelle sein, da in den rein flexorischen

Ablauf seiner Fußbewegungen einmal plötzlich eine abduktorische Bewegung einschnappen könnte. Die Verkoppelung der Bewegungen in der tarso-cruralen und in der intratarsalen Verbindung aber bedeutet Gewinn, da zwangsmäßig zusammengeschlossen ist, was sonst durch Muskeltätigkeit, also Innervation, also Gehirnarbeit zusammengespielt werden müßte. Was hier im anatomischen Sinne Komplikation ist, bedeutet im funktionellen Sinne Vereinfachung.

Es wäre nun hier am Platz, für jede der fünf in Betracht kommenden Einzelverbindungen in Graden genau anzugeben, wie groß der Betrag an Flexionsmöglichkeit ist. Diesen habe ich jedoch nur für die Verbindung von Os cruris und Calcaneus bestimmt, und zwar mit Hilfe der Skeletzusammensetzung nach Form, worüber ich später noch sprechen werde. Die Flexion von Mittellage, d. h. derjenigen Lage, bei welcher das Os cruris rechtwinklig auf der Längsrichtung des Fußes ist (Abb. IV, 24, V, 26, V, 25), nach dorsaler Endstellung (Abb. 8) beträgt 52°, nach plantarer Endstellung (Abb. 8) 87°, also zusammen 139°. In der talo-cruralen Verbindung ist der Ausschlag auch sehr groß, aber nicht so groß wie der genannte; vielleicht wird man sagen dürfen, daß die Ausschläge in der talo-cruralen und in der talo-calcanealen Verbindung zusammen ebensoviel ausmachen wie der in der calcaneo-cruralen Verbindung für sich. Die Ausschläge in der talo-navicularen und in der calcaneo-cuboidealen Verbindung sind sehr unbedeutend.

c) Tarso-metatarsale Bewegungsmöglichkeiten.

Alle Metatarsalien sind sowohl flexorisch wie abduktorisch bewegbar, freilich flexorisch nur in geringem Grade, nur zur Federung.

1. Flexion. — Das 5. Metatarsale ist stärker flektierbar als das 4., das 4. stärker als das dritte. Das zweite ist gegen den Tarsus gar nicht flektierbar, da es mit dem 1. Keilbein verwachsen und mit dem 2. Keilbein unbeweglich verbunden ist. Dafür ist aber das zweite Keilbein und in gleicher Weise der Griffel des 2. Metatarsale gegen das Naviculare beweglich. Das dritte Keilbein ist auch gegen das Naviculare etwas beweglich, aber weniger als das 3. Metatarsale gegen das 3. Keilbein.

2. Spreizung. — Die Spreizungsmöglichkeit zwischen den Metatarsalien ist, nachdem die Haut und das Bindegewebe entfernt sind, erheblich (s. Abb. III, 21), und zwar ist die zwischen dem 3. und 4. noch beträchtlicher als die zwischen dem 2. und 3. und als die

zwischen dem 4. und 5. Sind Haut und Bindegewebe nicht entfernt, so werden die Metatarsalien durch die Interdigitalfalten der Haut und die Ligamenta natatoria, die auch hier recht kräftig sind, besonders das des zweiten Intermetatarsalraumes, mehr zusammengehalten, doch ist auch dann noch die Spreizungsmöglichkeit recht beachtenswert. Wie weit beim lebenden Tier die Spreizung der Metatarsalien aktiv durch Muskeltätigkeit und wie weit passiv durch Widerstände des Bodens zu Stande kommt, wird sich wohl nicht ausmachen lassen. Aber auf eines muß hier noch hingewiesen werden: auf das Verhältnis von abduktorischer (und adduktorischer) Bewegungsmöglichkeit der Metatarsalien und der Zehen. Auch die Zehen bezw. die ersten Phalangen sind abduktorisch (und adduktorisch) bewegbar, aber in geringerem Grade als die Metatarsalien. Was das heißen will, wird deutlich durch den Vergleich mit dem Menschen: X-Bilder des Fußkünstlers UNTHAN, der Violinvirtuose, Kunstschütze und noch manches andere in einer Person ist, kurz „alles machen“ kann mit seinen Füßen, zeigen, daß selbst bei extremer Spreizung der Zehen der Abstand der Köpfchen des 1. und des 5. Metatarsale nicht größer ist als bei aneinanderliegenden Zehen. (Röntgenbilder von dem Fuß des Fußkünstlers Unthan — Zeitsch. f. Ethnol. Jg. 1916, p. 271–277; s. dort S. 276). Beim Menschen also werden die Zehen gespreizt, beim Hasen vornehmlich die Metatarsalien. Dieser Unterschied macht Unterschiede im Verhalten der Muskeln verständlich, mit denen wir uns im folgenden zu beschäftigen haben werden.

d. Metatarso-phalangeale und interphalangeale Bewegungsmöglichkeiten.

1. Seitliche Bewegungen. — Zwischen Metatarsalien und ersten Phalangen sind seitliche Bewegungen in mäßigem Grade möglich, wovon soeben gesprochen wurde; zwischen den Phalangen fehlen sie.

2. Flexion. — Prüfung der Flexionsmöglichkeit nach Entfernung der Beugesehnen und Strecksehnen führt zu einem überraschenden Ergebnis:

a) Plantare Flexion. — Die ersten Phalangen sind gegen die Metatarsalien um fast 90° beugbar; an der dann eintretenden Hemmung sind auch die großen Sesambeine beteiligt, indem sie sich mit ihren proximalen Enden an die Metatarsalien, mit den distalen Enden an die ersten Phalangen anstemmen. Die zweiten Phalangen sind gegen die ersten um 90°, die dritten gegen die zweiten gar nicht beugbar.

b) Dorsale Flexion. — Die ersten Phalangen sind gegen die Metatarsalien um annähernd 90°, um 90° sind auch die dritten Phalangen gegen die zweiten, die zweiten aber gegen die ersten gar nicht beugbar.

Um dieses seltsame Verhalten besser einzuprägen, wiederhole ich die Einzelheiten noch einmal in anderer Reihenfolge: Die ersten Phalangen sind gegen die Metatarsalien sowohl in plantarer wie in dorsaler Richtung annähernd um 90° beugbar; die zweiten Phalangen gegen die ersten in plantarer Richtung um 90°, in dorsaler Richtung gar nicht die dritten Phalangen gegen die zweiten in plantarer Richtung gar nicht, in dorsaler Richtung um 90° beugbar.

Wie weit und in welchen Kombinationen das lebende Tier diese Bewegungsmöglichkeiten ausnutzt, ist schwer zu sagen, da hier den Muskeln nicht nur eine befördernde sondern auch eine hemmende Aufgabe zufällt.

E. Gelenke.

a) Vorbemerkungen.

Ich kann es nicht umgehen, der Besprechung der Gelenke des Hasenfußes einige Bemerkungen über Gelenke im allgemeinen vorauszuschicken, weil es sich dabei um Dinge handelt, die unbedingt klar sein müssen, von denen ich aber nicht annehmen darf, daß sie es auch sind.

Das erste und zunächst einmal wichtigste ist folgendes: Wer von Gelenken sprechen will, muß deutlich wissen und sich deutlich erklären, ob von Gelenken im räumlichen (topographischen) Sinne oder von Gelenken im funktionellen (mechanischen) Sinne die Rede sein soll.

„Ein Gelenk im räumlichen Sinne ist eine Verbindung von zwei oder mehr Knochen, welche einen gemeinsamen, durch eine Kapsel begrenzten Hohlraum umschließen; ein Gelenk im mechanischen Sinne ist eine Verbindung von zwei oder mehr Knochen, welche eine bestimmte Bewegungsform bedingen". (Nach Form aufgestelltes Skelet eines Pes equinovarus. — Klinische Wochenschrift, 1926). Ich wiederhole hier mein Bedauern, daß wir für „Gelenk" in dem einen und „Gelenk" in dem anderen Sinne nicht zwei verschiedene Ausdrücke haben; dadurch würden viele Unklarheiten und Mißverständnisse abgeschnitten werden. Die Angelegenheit ist so wichtig, so grundlegend,

daß ich auch hier wieder, um klar zu machen, um was es sich handelt, auf das klassische Beispiel verweise, welches wir an der oberen Extremität haben: „Das Ellbogengelenk ist ein Gelenk im räumlichen Sinne, ebenso ist es die Artic. radioulnaris inferior. Im mechanischen Sinne dagegen haben wir im Ellbogen zwei von einander unabhängige Verbindungen oder Gelenke, die Artic. humeroulnaris und die Artic. radioulnaris superior. Die letztere aber ist mit der Artic. radioulnaris inferior zu einer mechanischen Einheit verbunden, obwohl beide räumlich weit von einander getrennt sind". (l. c.)

Für die medizinische Praxis stehen oft die Gelenke im räumlichen Sinne im Vordergrunde des Interesses wegen der Verletzungen und Erkrankungen und demgemäß wegen der Behandlung; für die Bewegungslehre dagegen treten sie an Bedeutung zurück, die Gelenke im mechanischen Sinne dagegen in den Vordergrund.

Die geringe Bedeutung der „Gelenke im räumlichen Sinne" wird durch vergleichende Betrachtungen noch besonders sinnfällig. Zwischen Atlas und Epistropheus finden sich beim Menschen und anderen Primaten zwei Gelenke (im räumlichen Sinne), der unpaare mediale Artic. atlanto-odontoideus und der paarige laterale Artic. atlanto-epistrophicus lateralis; bei anderen Säugetieren ein einziges Gelenk (Dies immer im räumlichen Sinne gemeint). Es liegt auf der Hand, daß das im mechanischen Sinne gar keinen wesentlichen, sondern nur einen graduellen Unterschied bedeutet. Ein anderes Beispiel treffen wir beim Hasen. Bei diesem stehen, wie schon gesagt wurde, alle Gelenkflächen am Talus und demgemäß die ihnen entsprechenden „Gelenke" (im räumlichen Sinn) in Zusammenhang; das sind: die Verbindungen von Tibia uud Talus, Fibula mit Calcaneus, Talus mit Calcaneus, Talus mit Naviculare, Calcaneus mit Cuboides. Also alle diese Verbindungen, welchen beim Menschen vier „Gelenke" (im räumlichen Sinne) entsprechen: Artic. talo-cruralis, Artic. talo-calcaneus lateralis = posterior (räumlich!), Artic. talo-calcaneo-navicularis und Artic. calcaneo-cuboideus, liefern beim Hasen ein einziges „Gelenk" (im räumlichen Sinne).

Es liegt auf der Hand, daß, wenn wir unserem Ziele, dem Verständnis des Mechanismus der Bewegung, zustreben, wir uns von diesem Begleiter auf unserem Wege, der Betrachtung der Gelenke im räumlichen Sinne, der uns immerfort Knüppel zwischen die Beine wirft, befreien müssen. Also von nun an soll nur von Gelenken im mechanischen Sinne die Rede sein. Aber wenn wir auch dadurch

eine Unklarheit los geworden sind, so warten unserer doch andere Schwierigkeiten.

Die nächste derselben will ich an einem Beispiel zeigen: Beim Menschen gibt es im Tarsus, wenn man von den straffen Gelenken des Vordertarsus absieht, drei Gelenke (diesmal nun im mechanischen Sinne): Artic. talo-calcaneus, Artic. calcaneo-cuboideus und Artic. talo-navicularis. Anatomen und Praktiker haben sich natürlich intensiv bemüht, diese Verbindungen mechanisch aufzuklären. Eine sehr gründliche und wie mir scheint, sehr befriedigende Darstellung ist durch Alfred Dönitz geliefert worden. („Die Mechanik der Fußwurzel" Dissert. med. Berlin 1903). D. hat jedes dieser drei Gelenke klar dargestellt und sogar für jedes derselben die Achse genau festgestellt.

Aber, wenn man die Bewegungsmöglichkeiten prüft — am frischen Präparat und am Lebenden —, so findet man, daß diese drei Gelenke nicht getrennt von einander sondern immer nur gleichzeitig spielen können. Das wird durch die Bänder erzwungen.

Diese drei Gelenke sind also gekoppelt und zwar sind sie bandgekoppelt (durch Bänder gekoppelt [1]). Wenn jemand daraus Veranlassung nimmt, diese Dreiheit als ein Gelenk zu bezeichnen und es vorzieht, in solchem Falle von einem „zusammengesetzten Gelenk" (im mechanischen Sinne) zu sprechen, so kann man ihm nicht entgegnen, dies sei falsch.

Ganz ebenso liegt die Sache beim Hasenfuß, nur noch komplizierter: Indem sowohl Talus wie Calcaneus mit dem Os cruris artikulieren, sind die Articuli talo-cruralis und calcaneo-cruralis zu einem „zusammengesetzten" Gelenk verbunden [2]), aber indem sich mit der Bewegung von Talus und Calcaneus gegen den Unterschenkel zwangsmäßig auch die Bewegung des Talus gegen den Calcaneus und sogar die des Naviculare gegen den Talus und die des Cuboides gegen den Calcaneus verbindet, so ist es logisch, auch diese Bestandteile in die größere Einheit mit aufzunehmen. Man kann dem Sachverhalt entweder dadurch gerecht werden, daß man von „gekoppelten Gelenken" oder dadurch, daß man von einem „zusammengesetzten Gelenk" spricht. Also auch „Gelenk im mechanischen

[1]) Es gibt auch muskelgekoppelte und knochengekoppelte Gelenke.

[2]) Übrigens einem sehr interessanten Gelenk, indem die eine Hälfte desselben ein strenger Ginglymus und die andere eine gänzliche unsystematische Bildung ist.

Sinne“, wenn man von dem räumlichen Sinne ganz absieht, kann etwas Verschiedenes bedeuten, je nachdem man damit die Einzelverbindung zweier Knochen oder die Gesamtheit der zu einem Gelenkmechanismus zusammengehörigen Stücke meint.

Das sind die Betrachtungen, zu denen man kommt, wenn man die Angelegenheit „Gelenk“ beharrlich bis zu Ende durchdenkt, und wenn man darauf achtet, in welchen Sinne das Wort „Gelenk“ in der Literatur angewendet ist. Dadurch daß das in so verschiedenem Sinne geschieht, haftet dem Wort „Gelenk“ eine erhebliche Unsicherheit an. Das wird auch immer so bleiben, denn man wird von „Gelenk“ bald in diesem, bald in jenem Sinne sprechen, je nachdem es für dem Zusammenhang bequem ist. Die Unsicherheit braucht aber nicht zur Unklarheit zu führen, wenn man sich nur in jedem einzelnen Falle die Frage vorlegt, in welchem Sinne diesmal das Wort gemeint ist.

„Systeme von Gelenkformen“. — Es ist noch eine weitere Bemerkung allgemeiner Natur vorauszuschicken, bevor wir an die besonderen Gelenke des Hasenfußes kommen, über „Systeme der Gelenkformen“. — In Lehrbüchern der Anatomie und in Sonderbearbeitungen der Gelenklehre ist es üblich, die Besprechung mit einem „System“ der Gelenkformen zu beginnen. Dadurch wird dem gläubigen Anfänger — beabsichtigt oder unbeabsichtigt — die Vorstellung beigebracht, als sei ein Gelenk begriffen, wenn man es nur an einen bestimmten Platz in einem solchen „System“ hineingeschoben hat. Die meisten machen sich wohl niemals klar, daß diese Systeme Relikte sind aus einer Zeit, wo unter der Herrschaft der Ding-an-sich-Philosophie und einer vorwiegend sprachlichen Schulerziehung die Neigung zum Deducieren und zum Klassificieren übermächtig war und das zarte Stimmchen der Empirie oft überschrie. Ein System der Gelenkformen, sozusagen eine Registratur, in deren Fächer jede vorkommende oder wohl gar jede überhaupt mögliche Gelenkform säuberlich hineingeschoben werden könnte, gibt es nicht; und wenn man, mit feinerem Wirklichkeitssinne begabt, sich die Plätze im System ansieht, an welchen manche Gelenkformen unterzubringen wären, so bemerkt man, daß es sehr häufig Prokrustesbetten sind, in welche die armen Gelenke nicht ohne Verstümmelung hineinzuzwängen wären.

Rudolf Fick hat in seinem großen Lehrbuch bereits hinter der Übersicht der Gelenkformen einen „Artic. irregularis“ aufgeführt (l. c. S. 14), sozusagen einen Sammeltopf, in welchen alle Gelenkformen

geworfen werden können, die im „System“ nicht Platz haben. Man mache nur ja diesen Sammeltopf recht groß, denn es ist vieles, was in demselben Aufnahne finden muß! Schon das Hüftgelenk ist nicht immer ein reines Kugelgelenk; beim Reh und beim Strauß setzt sich die Überknorpelung auf einen Teil des Halses fort. Und nun gar die Talusrolle; welche Fülle der Formen! — FICK regt an mehreren Stellen seines Buches dazu an, vergleichende Untersuchungen der Gelenke zu machen. Ich gehe weiter uud erkläre, daß jeder, der sich ein Urteil in Gelenkfragen bilden will, verpflichtet ist, sich mit vergleichender Anatomie der Gelenke gründlich zu beschäftigen. Das ist auch der einzige Weg, um die Scheuklappen loszuwerden, die uns bei der Beschäftigung mit den Gelenken von nur einer Species immer wieder zu sprießen drohen.

Gelenke des Hasenfußes — Wir werden es im Wesentlichen mit den Verbindungen des Hintertarsus zu tun haben, mit den Verbindungen von Os cruris mit Talus, Os cruris mit Calcaneus, Talus mit Calcaneus, Talus mit Naviculare, Calcaneus mit Cuboides.

WILH. KRAUSE behandelt diese Verbindungen als selbständige Gelenke („Articulationes“) (l. c. S. 134). Ich halte diesen Weg, wenn er auch angesichts der im Vorausgehenden erwähnten Koppelung dieser Verbindungen nicht bis ans Ende des mechanischen Verständnisses führen kann, doch für zweckmäßig, ja nötig, um in das Problem hineinzukommen. Allerdings gegen die Charakterisierung der einzelnen Gelenke habe ich Bedenken. Nach KRAUSE ist die Articulatio talo-cruralis ein Schraubengelenk, die Artic. calcaneo-cruralis ein Schraubengelenk (l. c. S. 133), in der Artic. talo-calcanea ist die Fläche des Talus ein ellipsoidischer Umdrehungskörper, die Artic. talo-navicul. ist ein beschränktes Kugelgelenk, die Articul. calcaneo-cuboidea für sich allein ein Schraubengelenk, aber mit Rücksicht auf die Anteilnahme des Os naviculare ein Kugelgelenk.

Wenn ich mich frage, ob ich auf der Grundlage dieser Diagnosen mein Ziel erreiche, die Bewegungen des Hasenfußes, so wie sie sich bei Prüfung der Bewegungsmöglichkeiten erkennen ließen, und die Mechanik dieses Fußes zu begreifen, so muß ich sagen: So werde ich dieses Ziel nicht erreichen! KRAUSE zeigt sich hier ganz als ein Systemgläubiger alten Schlages, mit der Besonderheit der Vorliebe für Schraubengelenke, wie aus seiner Äußerung hervorgeht: „Vielleicht lassen sich bei genauerer Untersuchung alle Gelenke des Kaninchens auf diesen Typus zurückführen“ (l. c. S. 48). Ich will

mich aber nicht auf eine Besprechung dieser Diagnosen einlassen, da es ja doch sein könnte, daß beim Kaninchen einiges anders ist als beim Hasen, sondern zu den Einzelverbindungen des Hasentarsus übergeben.

b) Die talo-crurale Verbindung.

Nach dem, was über die Knochen (S. 106, 108), Bänder (S. 125), Bewegungsmöglichkeiten (S. 137) dieses schönen Scharniergelenkes schon gesagt wurde, ist kaum noch etwas hinzuzufügen. Es sei nur noch wieder an folgende vier Punkte erinnert:

1. Der hintere Abschnitt der überknorpelten Fläche auf dem Talus gehört nicht zur Gelenkfläche, sondern zum Lager für die Sehne des Flexor digitorum.

2. Vor der Gelenkfläche der Trochlea befindet sich eine kleine Fortsetzung derselben auf der oberen Seite des Processus anterior tali (S. 108), welcher eine Gelenkfläche am Os cruris entspricht (S. 106), und zwar tritt die Berührung beider Flächen ein am Ende der Dorsalflexion des Fußes. Beide Flächen zusammen stellen ein „Hockermerkmal" dar, sie dienen zur Hemmung der Dorsalflexion (also Knochenhemmung!). Die mechanische Verwendung des Talus-Hockermerkmals ist nicht genau die gleiche wie die des Calcaneus-Hockermerkmals, und durch den Vergleich beider wird jedes von ihnen schärfer charakterisiert. Der Unterschied besteht darin, daß bei dem T-H-M in dem Augenblick, wo die Berührung eintritt, die beiden Flächen auch schon in ganzer Ausdehnung aneinander liegen, bei dem C-H-M dagegen in dem Augenblick, wo die Berührung eintritt, sich nur die hinteren Ränder beider Flächen berühren und erst bei extremer Dorsalflexion völlige Berührung eintritt (Abb. V 26). Deswegen hat auch die betreffende Fläche an dem fibularen Stück des Os cruris eine andere Lage als die an dem tibialen Stück (s. S. 106). Die Hockerfläche auf dem Calcaneus dient also nicht zur Hemmung sondern zur Stützung, indem bei extremer Dorsalflexion die Fibula ganz von der Trochlea calcanei abgerollt wird und auf dieser keinen Halt mehr findet.

3. Die laterale Kante der Trochlea tali ist bedeutend höher als die mediale Kante. Bei diesem Anblick kam mir die Vorstellung — ich bin aber nicht sicher, ob dieselbe mechanisch gerechtfertigt ist —, daß, wenn bei einem gekehlten Zylinder die beiden Randkanten gleichhoch sind, die Führung der Leiste des Lagers zufällt, die in die Kehle des Zylinders paßt; daß dagegen, wenn, wie in unserm

Falle, die beiden Kanten des Zylinders ungleich hoch sind und die höhere Kante in eine tiefere Rinne des Lagers paßt, dieser höheren Kante des Zylinders die Führung zufällt.

4. Die einander entsprechenden Flächen der Trochlea tali und des Os cruris schließen bei allen Lagen von extremer Plantarflexion bis zu extremer Dorsalflexion. Dies ist eigentlich „selbstverständlich" und wird hier nur deswegen ausdrücklich gesagt, weil es in dem Artic. calcaneo-cruralis so auffallend anders ist. Um es also noch zu untersteichen: In denselben Lagen, in welchen Os cruris und Calcalneus so auffallend voneinander klaffen, schließt das gleiche Os cruris mit dem Talus eng aneinander.

c) Die calcaneo-crurale Verbindung.

In dem Abschnitt über die Knochen habe ich mitgeteilt, wie ich nur allmählich zum Verständnis der Trochlea calcanei und der mit ihr verbundenen Fläche des Os cruris gelangt bin (s. S. 111). Ich habe mich bemüht, die Flächen so genau wie möglich zu beschreiben, und in den Abb. III 22, IV 23, IV 24, IV 25, IV 26 sind dieselben mit der größten Sorgfalt wiedergegeben. Aus der Beschreibung ging zweierlei hervor:

1. keiner der beiden Gelenkkörper besitzt eine einfache, gleichmäßig gekrümmte Gestalt;

2. die beiden Gelenkflächen sind nicht kongruent gekrümmt.

Das letztere ist eigentlich die selbstverständliche Konsequenz des ersteren, denn wenn die fibulare Fläche des Os cruris ebenso gekrümmt wäre wie die Fläche der Trochlea calcanei, so wäre Bewegung beider gegeneinander (Man sehe nur die Figuren!) überhaupt nicht möglich. Bedingung für Bewegungsmöglichkeit bei solchen Flächen ist Inkongruenz.

Es ist offenbar, daß ein Gelenk mit derartigen Gelenkkörpern in kein „System" paßt; es in ein solches hineinzwängen heißt nichts anderes als Unterwerfung unter die Schablone und Verzicht auf die Erforschung eines zwar nicht leichten aber durch seine Eigenart anziehenden Problemes.

Um zu erfahren, welche Stellung die Facies calcanea des Os cruris zur Trochlea calcanei in den verschienen Phasen der Flexionsbewegung annähme, blieb nichts anderes übrig als die Zusammensetzung der Knochen nach Form. Es wurde dabei in folgender Weise vorgegangen:

An einem frischen enthäuteten Hasenfuß mit Unterschenkel wurden Os cruris, Talus und Calcaneus soweit geschabt, daß ein sicheres Lager für die drei genannten Knochen gewonnen werden konnte, jedoch mit sorgfältiger Schonung der Gelenkbänder. An dem so vorbereiteten Präparat wurden nacheinander dem Fuße drei verschiedene Stellungen gegenüber dem Unterschenkel gegeben: „Mittellage" (Abb. IV 24), Plantarflexionsendstellung (Abb. IV 25), und Dorsalflexionsendstellung (Abb. V 26). Unter „Mittellage" ist dabei diejenige Stellung verstanden, in welcher der Fuß rechtwinklig zum Unterschenkel steht. In jeder dieser Stellungen wurde Gypsabguß der medialen Seite genommen. Die Formen wurden nach dem Trocknen geschwärzt, damit bei den photographischen Aufnahmen die Knochen sich besser abhöben. Dann wurden die Knochen für diese Aufnahmen in die Formen eingelegt und angeklebt, und zwar jedesmal nur Os cruris und Calcaneus.

Aufnahmen von immer nur zwei Knochen sind unbedingt nötig, um zu einer sicheren und vollständigen Analyse der Formen und damit der Vorgänge zu kommen. Sind mehr als zwei Knochen in dem Bilde vereinigt, so ist zwar das Verhältnis dieser zwei Knochen zueinander auch in dem Bilde enthalten, aber es ist mit anderen Zügen vermischt und durch sie teilweise verdeckt; die Aufmerksamkeit sammelt sich nicht ganz ausschließlich auf das Verhältnis gerade dieser zwei Knochen; das, worauf es ankommt, drängt sich nicht unabweislich auf.

Eine weitere Vorbereitung bestand noch darin, daß in Mittellage ein Strich angebracht wurde, der zur Hälfte auf der Trochlea calcanei, zur Hälfte auf dem Os cruris lag (Abb. IV 24, IV 25, IV 26). Dadurch wurde es möglich, den Grad der Exkursion festzustellen, indem die Winkel gemessen wurden, welche bei dorsaler Flexion und bei plantarer Flexion die beiden Stücke des Striches miteinander bildeten.

Es ergab sich, daß von Mittellage nach Dorsalflexion eine Winkeländerung von 52° und von Mittellage nach Plantarflexion eine solche von 87° erreicht wurde. Die Gesamtflexion betrug mithin 139° (s. S. 139). Dieser Betrag ist größer als der der Flexion zwischen Os cruris und Talus.

Was sodann die Stellung des Os cruris zur Trochlea calcanei betrifft, so ergibt sich, wie die Abb. IV 25 und V 26 zeigen, daß in der plantarflexorischen Endstellung (Abb. IV 25) die Gelenkfläche der Fibula zwar nur mit ihrer hinteren Hälfte, mit dieser aber vollständig auf der Trochlea calcanei aufruht, daß dagegen bei dorsalflexorischer Endstellung (Abb. V 26) das Os cruris ganz über die Trochlea calcanei weg-

gekippt ist und sich nur noch mittels seiner fibularen Hockerfläche auf die Hockerfläche des Calcaneus stützt.

Auf diese Weise wird noch nicht der „Mechanismus" des Artic. calcaneo-cruralis aufgerechnet, aber Kenntnis von Tatsachen gewonnen, die bei dem Versuche der Aufklärung dieses Mechanismus nicht übergangen werden dürfen; und wir sind eines losgeworden, was uns vom Wege hätte ablenken können, nämlich die Einreihung dieses Gelenkes in ein „System".

d) Die talo-calcaneale Verbindung.

Als ich anfing, mich mit den Bewegungsmöglichkeiten des Hasenfußes zu beschäftigen und am frischen Bänderpräparat den Unterschenkel dorsalflexorisch und plantarflexorisch hin- und herbewegte, schien es mir anfangs, daß sich dabei die Lage des Calcaneus zum Talus gar nicht ändere. Beim genauerem Zusehen bemerkte ich doch eine Bewegung am hinteren Ende des Calcaneus und endlich auch eine am vorderen Ende desselben. Diese Bewegungen bestanden darin, daß, während das hintere Ende sich hob, das vordere gesenkt wurde, und umgekehrt; aber die Bewegung am vorderen Ende war weniger beträchtlich als die am hinteren Ende. Daraus ging zweierlei hervor: 1. daß die Achse für diese Bewegung ungefähr quer stehen, 2. daß sie dem vorderen Ende des Talus näher als dem hinteren sein muß. Um zu genauerer Anschauung zu kommen, mußte auch hier wieder das Formverfahren zu Hilfe genommen werden. Das Ergebnis dieses Verfahrens ist aus den Abb. III 22 und IV 23 zu ersehen.

Um dem Leser das Verständnis derselben zu ermöglichen, sei folgendes bemerkt: Die zugrunde liegenden Photos sind nicht etwa gewonnen, indem Talus und Calcaneus mit ihren Bändern aus der Gesamtheit des Fußskeletes herausgenommen und dann für sich gegeneinander bewegt wären, sondern in derselben Weise wie es bei der vorigen Verbindung beschrieben wurde (S. 148), d. h. so, daß an dem ganzen Bänderpräparat des Fußes das Os cruris abwechselnd in dorsalflexorische und plantarflexorische Stellung gebracht und von der medialen Seite her Formen bei den verschiedenen Stellungen gemacht, dann aber nach dem Ausmacerieren der Knochen immer nur Talus und Calcaneus in die (geschwärzten) Formen gelegt und in ihnen getypt wurden. Der Grund für diese Beschränkung auf zwei Knochen ist bei der vorigen Verbindung angegeben (S. 148). Um die Deutlichkeit zu steigern, wurden die in natürlicher Größe aufgenommenen Knochen nachträglich noch vergrößert.

Auch hier muß wieder gesagt werden, daß mit der Gewinnung dieser Bilder und der durch sie vermittelten Anschauung nicht etwa der Mechanismus dieser Verbindung völlig erklärt ist, aber daß doch Tatsachen bekannt geworden sind, welche bei der Erörterung dieses Mechanismus nicht unbeachtet bleiben dürfen. Für das volle Verständnis ist ja auch in Betracht zu ziehen, daß wegen der Koppelung mit den übrigen Verbindungen des Tarsus der Einfluß geprüft werden muß, den diese auf unsere Verbindung haben. Auch sind die Bänder zu berücksichtigen.

Mit letzteren kommen wir allerdings, wie es scheint, leicht zurecht, denn es kommt im wesentlichen nur das Ligam. talo-calcaneum interosseum in Betracht. Dieses Band macht durch seine Kürze und Breite verständlich, daß der Ausschlag der Bewegung nur gering sein kann, und durch seine Lage näher dem vorderen Ende des Talus die Lage der Achse.

Die beiden Gelenkflächen dieser Verbindung schließen bei allen Lagen. Damit ist schon gesagt, daß wir hier stereometrisch einfachere Gelenkkörper erwarten dürfen als es bei der vorigen Verbindung der Fall war. Aber einfacher ist nicht einfach; das sieht man, wenn man genauer hinblickt: An der lateral- und abwärts schauenden Fläche des Talus haben wir, wie schon beschrieben worden ist (S. 109), eine gebogene Rinne, deren Biegung, soweit die Kürze derselben erkennen läßt, ein Stück eines Kreisbogens ist. Vor dieser Rinne und von da auf die Unterseite des Knochens sich fortsetzend, treffen wir eine Gelenkfläche, die sich wie ein herausgeschnittenes Feld aus einer Kugeloberfläche ausnimmt. Aber hinter der Rinne liegt ein weiteres, in horizontaler Richtung konvexes Feld, wodurch die Freiheit, welche die Kugelfläche für sich bieten würde, aufgehoben und die Bewegung auf einen bestimmten Gang, den der Flexion, eingeengt wird. Es darf auch nicht vergessen werden, daß außer der eben beschriebenen Hauptgelenkfläche des Talus für den Calcaneus auch noch eine kleine vordere Gelenkfläche vorhanden ist, die in den Gelenkkörper mit einbezogen werden muß, wenn man dessen stereometrische Natur kennzeichen will. Jedenfalls ist soviel klar, daß ein solcher Gelenkkörper sich in keinem „System“ der Gelenkformen findet.

Noch wieder zu erwähnen ist, daß bei der Plantarflexion die hinter der Rinne gelegene Stelle des Talus an den hinteren Rand des Sustentaculum anschlägt, wodurch die Bewegung ein Ende findet. Also wieder Knochenhemmung.

e) Die talo-naviculare Verbindung.

Wenn man sich mit den beiden vorausgehenden Verbindungen abgeplagt hat, so ist es eine Wohltat, die Gelenkkörper der talonavicularen Verbindung in die Hand zu nehmen, denn hier hat man stereometrische Formen von elementarer Einfachheit, recht etwas wie es der Systemgläubige sich wünscht. Das vordere Ende des Talus zeigt einen Abschnitt einer glatten, nicht gekehlten Walze und die Rückseite des Naviculare das entsprechende Stück eines Hohlzylinders. Aber Gelenkkörper allein machen kein Gelenk. Auch die Bänder haben ein Wort mitzureden, und in diesem Falle ein sehr gewichtiges. Das kann man schon merken, wenn man bei der Prüfung der Bewegungsmöglichkeiten die Erfahrung macht, daß der Ausschlag in dieser Verbindung ein sehr geringer ist und nichts von der freien weiten Bewegung hat, die man diesen schönen Gelenkflächen zutrauen würde. Es sind aber nicht etwa starke Bänder zwischen Talus und Naviculare, welche die Bewegung so einengen, sondern koppelnde Bänder zu den Nachbarknochen: Ligam. calcaneo-naviculare plantare und Ligam. calcaneo-naviculare dorsale, das eine längs, das andere quer gerichtet, gestatten, wie schon gesagt wurde (S. 132), dem Naviculare nur eine geringe Bewegung gegen den Calcaneus; das Ligam. talocalcaneum interosseum, wie ebenfalls schon gesagt wurde, dem Calcaneus nur eine geringe Bewegung gegen den Talus. Dadurch und durch die weitere Koppelung über das Cuboides ist die geringe Bewegung des Naviculare gegen den Talus veranlaßt. — Die dorsale Kapselwand zwischen Talus und Naviculare ist dünn, aber straff. — Bei Plantarflexion findet, wie schon erwähnt wurde, Anschlag der plantar-proximalen Kante des Naviculare gegen die „Nase“ am vorderen Ende der plantaren Seite des Talus statt — der dritte Fall von Knochenhemmung im Tarsus des Hasen.

f) Verbindung von Calcaneus und Cuboides.

Von den fünf Einzelverbindungen, welche den tarso-cruralen und intratarsalen Gelenkmechanismus des Hasenfußes zusammensetzen, ist mir keine so unverständlich geblieben wie die calcaneo-cuboideale. Nicht daß die Gelenkflächen stereometrisch besonders schwer zu begreifen wären. Sie ähneln außerordentlich denen des gleichen Gelenkes beim Menschen und sind daher gerade so gut wie diese begreifbar. Aber gerade das, daß sie denen des Menschen gleichen, ist das Befremdliche. Denn beim Menschen sind sie wegen der im Tar-

sus stattfindenden abduktorischen Bewegung am Platz, beim Hasen aber fehlt diese abduktorische Bewegung.

Um diese Äußerung verständlich zu machen, muß an folgendes erinnert werden: Am menschlichen Calcaneus ist die Facies cuboidea in horizontaler Richtung konvex, rechtwinklig dazu konkav. (Die Schnittlinie für die Konvexität liegt nicht genau horizontal, sondern mit dem medialen Ende tiefer, dementsprechend die Schnittlinie für die Konkavität mit dem oberen Ende mehr medial). Diese Gestalt ermöglicht die abduktorische Bewegung, weil auch der Talus in der gleichen Richtung wie der Calcaneus konvex ist. Beim Hasenfuß ist ebenfalls die Facies cuboidea des Calcaneus in horizontaler Richtung konvex und rechtwinklig dazu konkav, aber die Facies navicularis des Talus ist nicht in horizontaler Richtung konvex, sondern sie ist wie gesagt Abschnitt einer Walze, in senkrechter Richtung konvex, aber in horizontaler Richtung eben, ein klarer Hinweis, daß dieses Gelenk mit Abduktion nichts zu tun haben will. Eine solche wäre ja auch ganz unmöglich, da abweichend vom menschlichen Fuß im Hasenfuß der Calcaneus ein ganzes Stück weiter distalwärts ragt als der Talus, sein vorderes Ende also neben dem Naviculare liegt, eine Bewegung wie die beim Menschen in dem CHOPARTschen Spalt also gar nicht möglich ist. Auch ist im Bandapparat, wie beim Ligam. calcaneometatars. plant. und beim Ligam. calcaneo-cuboideum plant. gesagt wurde (S. 127, 128), auf abduktorische Bewegung gar nicht Bedacht genommen.

g) Schlußbemerkung zu den Gelenken.

Wenn wir uns die fünf im Vorausgehenden besprochenen Gelenke zusammenfassend vor Augen stellen wollen, so können wir dies unter der Figur einer Quincunx tun. Wir haben zwei tarso-crurale Verbindungen, die talo-crurale und die calcaneo-crurale, zwei Verbindungen zwischen Vordertarsus und Hintertarsus, die talo-naviculare und die calcaneo-cuboideale, und dazwischen die talo-calcaneale. Die beiden medialen sind Zylindergelenke; in ihren Gelenkkörpern kommt die rein flexorische Bewegungsmöglichkeit des Fußes klar zum Ausdruck; in den drei anderen Verbindungen ist das nicht in so einfacher Weise der Fall.

F. Muskeln.

a) Allgemeines.

Die Beschäftigung mit den Muskeln des Hasenfußes erhält ihr großes Interesse dadurch, daß bei einigen Muskeln Ursprünge oder Ansätze auf andere Stellen des Skeletes verlegt sind, als wo wir sie beim Menschen zu sehen gewohnt sind, wodurch dann mit einem Male ganz andere Wirkungen erzielt werden. Um das klar hervortreten zu lassen, ist es natürlich notwendig, ganz genau die Homologien der Muskeln festzustellen, was am besten dadurch zum Ausdruck gebracht wird, daß man möglichst die Namen beibehält, an die man vom Menschen her gewöhnt ist. WILH. KRAUSE hat das nicht immer getan, wodurch eine gewisse Unklarheit in seine Darstellung gekommen ist.

Von den durch die menschliche Anatomie uns geläufigen Muskeln fehlt eine ganze Anzahl: der Abductor, Flexor und Adductor hallucis, was angesichts des Fehlens des ersten Strahles nicht zu verwundern ist; aus demselben Grunde finden wir die Abwesenheit des Extensor hallucis longus und brevis begreiflich; wir vermissen aber außerdem noch an der Plantarseite den Flexor digitorum brevis, Flexor digitorum tibialis und Quadratus plantae.

b) Triceps surae (Abb. 7, 9).

Die beiden Gastrocnemius-Köpfe entspringen an den Condylen des Femur; der Soleus entspringt schwach und schmal mit einer dünnen Sehne entweder am Köpfchen der Fibula oder unmittelbar daneben an der hinteren Kante des Condylus lateralis tibiae.

Die Triceps-Sehne nimmt mit ihrem Endstück, welches an der Rückseite des Proc. poster. calcanei gelegen ist, eine steifere Beschaffenheit an, und dieses Endstück ist ringsherum an der Hinterfläche des Calcaneus befestigt, nicht nur an deren unterem sondern auch an dem oberen und an den seitlichen Rändern, so daß der zwischen ihm und dem Knochen gelegene Schleimbeutel auch gegen den hinter der Triceps-Sehne gelegenen Schleimbeutel des Plantaris abgeschlossen ist. Von einem „Beutel“ der Triceps-Sehne könnte man eigentlich dem Wortlaute nach gar nicht sprechen, da er nach hinten durch das steife Sehnenstück abgeschlossen ist, sondern nur von einem Spalt; immerhin überragt derselbe den oberen Rand der Rückseite des Calcaneus um ein kleines Stückchen.

c) **Plantaris** (Abb. 3, 7, 8).

Der Muskelbauch des Plantaris ist ebenso voluminös wie einer der Gastrocnemiusköpfe. Da er vor dem Gastrocnemius liegt, so muß die Sehne, um am unteren Ende des Unterschenkels hinter die des Triceps zu kommen, eine Spiraltour um letzere ausführen, wobei sie an der medialen Seite der Triceps-Sehne vorbeigeht. Die Sehne befindet sich nun zunächst an der Rückseite des Proc. poster. calcanei in einer Rinne, welche ausgepolstert ist von dem Endstück der Triceps-Sehne. Sie liegt aber hier nicht frei, sondern an dieser Stelle verbreitert sie sich zu einer Kappe, welche sich zu beiden Seiten und unten an den Calcaneus ansetzt. So entsteht an der Rückseite des Calcaneus ein zweiter Schleimbeutel, der aber eine Strecke weit nach oben ragt zwischen Triceps- und Plantaris-Sehne.

Gehen wir weiter in die Sohle, so wandelt sich die Kappe wieder in eine kräftige Sehne um, und diese teilt sich in vier gleichfalls kräftige Sehnen. Das geht so vor sich, daß zuerst die Sehne in der Gegend des vorderen Endes des Talus in zwei gleichstarke Sehnen zerfällt, von welchen die mediale in einer durch die Flexorsehne gebildeten Rinne liegt. Aus jeder dieser beiden Sehnen gehen zwei Sehnen hervor, aus der medialen zur 2. und 3., aus der lateralen zur 4. und 5. Zehe Dabei herrscht in beiden Fällen das eigentümliche Verhältnis, daß jedesmal die mediale Sehne, in dem einen Falle die 2., in dem anderen die 4., aus einer plantaren, die laterale Sehne, in dem einen Falle die 3., im anderen die 5., aus einer dorsalen Schicht der gemeinsamen Sehne hervorgeht.

Die vier Sehnen breiten sich in der Gegend der Articc. metatarsophalangei wiederum zu Kappen aus, die sich an die plantaren Kanten der beiden Sesambeine anheften und mit diesen Knochen und den Ligamenta intersesamoidea zusammen Röhren bilden, durch welche die Sehnen des Flexor digitorum hindurchtreten. Davor teilt sich jede Plantarissehne in zwei Zipfel, welche die Flexorsehne zwischen sich hindurchtreten lassen, sich an der dorsalen Seite der Flexorsehne vereinigen und sich in Gruben an den Basen der zweiten Phalangen befestigen, nachdem sie zuvor mit der Beugesehne zusammen durch eine starke Schlinge hindurchgegangen sind.

Das geschilderte Verhalten ist nun zwar, indem es auch bei anderen Säugetieren genau ebenso vorkommt, nichts für den Hasen Besonderes, es ist jedoch, verglichen mit dem Verhalten anderer Sehnen, etwas sehr Besonderes wegen der dreimaligen Knochenbefestigung

und verdient deswegen in dieser der Mechanik des Hasenfußes gewidmeten Betrachtung eine ausdrückliche Erwähnung. Nehmen wir einmal an, die Befestigung der Plantarissehne am Tuber calcanei sei eine ganz feste, so würden das plantare Stück der Sehne und die aus ihm hervorgehenden vier Sehnen nur noch die Bedeutung von Bändern haben, welche zur Sicherung der Lage der Knochen dienen aber selbst gar keine flexorische Tätigkeit ausüben könnten. Etwas davon trifft sicher zu, und in diesem Zusammenhange dürfte die Tatsache Bedeutung haben, die bei den Bewegungsmöglichkeiten erwähnt worden ist, daß nämlich die zweiten Phalangen gar nicht gegen die ersten dorsalwärts flektiert werden können.

d) Flexor digitorum. (Abb. 7, 9).

Es gibt beim Hasen nur einen Flexor der Zehen, und wir sehen uns damit vor die Frage gestellt, welchem der beiden Flexoren des Menschen derselbe entspreche. Der Umstand, daß man beim Menschen einen „Flexor digitorum“ und einen „Flexor hallucis“ unterscheidet, veranlaßt mich zu einer Bemerkung.

Es ist bekannt, daß die beiden Flexoren bei ihrer Kreuzung in der Sohle in Verbindung treten und daß dabei der sogen. „Flexor hallucis“ auch an der Versorgung anderer Zehen, besonders der zweiten beteiligt wird. Daher sind die üblichen Bezeichnungen unzutreffend, und es liegt ja auch auf der Hand, daß dieselben nur ein Erzeugnis des „generalisierenden Schematismus“ sind, des Philologentums, welches in der Anatomie auch noch an anderen Stellen Unfug treibt. Weil wir am Vorderarm einen selbständigen Flexor pollicis neben einem Flexor digitorum haben, deswegen muß es auch am Fuß einen Flexor hallucis geben. Wir müssen die beiden Namen ersetzen durch „Flexor digitorum tibialis“ (für Fl. digitorum communis) und „Flexor fibularis“ (für Fl. hallucis).

Welchem der beiden entspricht nun der beim Hasen allein vorkommende Flexor? Beim Tiger, obwohl er keinen ersten Strahl am Fuße besitzt (nur ein kurzes Reststückchen des Metatarsale), ist doch der an der Fibula entspringende Flexor bedeutend stärker als der an der Tibia entspringende, und das führt schon auf den Gedanken, daß, wenn einer von beiden gänzlich schwindet, es der Flexor tibialis sein wird; und das ist auch beim Hasen der Fall, wie daraus hervorgeht, daß der Flexor, wie übrigens auch KRAUSE beschreibt, mit an der Fibula entspringt und, soweit er dies an der Tibia tut, an deren

Rückseite vorwiegend am lateralen Rande (an der ganzen oberen Hälfte) und lateral vom Tibialis posterior.

KRAUSE unterscheidet (beim Kaninchen) zwei Ursprungsportionen, eine schwächere dem Flexor tibialis entsprechende und eine stärkere dem Flexor fibularis entsprechende (l. c. S. 168), deren Sehnen sich am unteren Ende des Unterschenkels vereinigen. Dies mag richtig sein; auch ich habe gefunden, daß sich die Sehne schon am Unterschenkel sogar in drei Sehnen zerlegen ließ, ohne daß diese Teilung sich in die Sohle fortsetzte. Die Sehne ist vielmehr in der Rinne an der Rückseite des Talus (s. S. 108) und an der Unterseite des Sustentaculum einheitlich und zerfällt erst wieder in der Sohle in die vier Sehnen zu den Zehen.

Von der Sehne des Flexor und den aus ihr hervorgehenden Sehnen wäre nur noch zu erwähnen, daß die noch ungeteilte Sehne in der Rinne des „Steges" gleitet, daß sie ihrerseits die halbe Plantarissehne in eine Rinne aufnimmt (p. 154), daß die Sehnen durch die Röhren hindurchgehen, die von den Plantarissehnen und den Sesambeinen gebildet werden (p. 154), daß sie mit den Plantarissehnen zusammen durch Schlingen gegen die zweiten Phalangen gehalten werden (p. 154), und daß sie an den plantaren Wülsten an den Basen der ersten Phalangen ansetzen.

e) Lumbricales.

Es gibt ihrer drei, wie auch KRAUSE (für das Kaninchen) angibt (l. c. S. 168). Sie entspringen, getrennt voneinander, in den Gabeln der vier Beugesehnen und gehen in drei überaus dünne Sehnchen über, die bei dem ersten und zweiten, welche den beiden längeren Strahlen zugehören, sehr lang sind. Die Lumbricales sind nicht besonders dünn, aber weich und entweder alle oder doch einzelne von blasser Fleischfarbe, so daß sie einen schwächlichen Eindruck machen. Die Sehnen gehen an den medialen Seiten der Köpfchen des 3. bis 5. Metatarsale vorbei bis an die Basen der ersten Phalangen, wo sie, obwohl mit dorsal gerichteter Tendenz, doch die Strecksehnen nicht erreichen, sondern im Bindegewebe endigen.

Dieser Befund stimmt mit der Angabe von KRAUSE ziemlich genau überein, denn was dieser als zweite, dritte und vierte Zehe bezeichnet, ist morphologisch die dritte, vierte und fünfte. — Übrigens habe ich bei mehrfachem Präparieren die Ansätze variierend gefunden, worauf ich aber nicht eingehen will.

Unerwarteterweise wird durch Zug an diesen ärmlich erscheinenden Muskelchen eine recht kräftige Beugung der ersten Phalangen hervorgerufen.

f) Tibialis posterior. (Abb. 7).

WILH. KRAUSE nennt ihn (beim Kaninchen) „Extensor digiti primi pedis proprius". (l. c. S. 165). — Diese Bezeichnung können wir aus mehreren Gründen nicht gelten lassen: 1. ist die Zehe, die dabei gemeint ist nicht die erste sondern die zweite (die erste fehlt); 2. geht er nicht nur an eine Zehe sondern an deren zwei; 3. müssen wir den morphologisch anerkannten, d. h. den beim Menschen üblichen Namen beibehalten, und das ist Tibialis posterior. Freilich ist er einem solchen nicht sehr ähnlich, weder im Ursprunge noch im Ansatz: nur die Anlagerung der Sehne an das Naviculare führt uns gleich auf den richtigen Weg. Aber auch an dieses ist sie nicht angewachsen, nur angelagert. Entscheidung muß die Innervation bringen. KRAUSE selbst teilt mit, daß er vom N. tibialis versorgt werde (l. c. S. 343), und das ist auch beim Hasen der Fall, nämlich mittels eines Zweiges, der zwischen dem medialen Gastrocnemiuskopfe und dem Popliteus medial- und abwärts verläuft.

Der Muskel entspringt an der medialen Fläche der Tibia, wobei eine hintere stärkere Portion dicht unter dem oberen Rande des Condylus medialis ansetzt, eine schwächere (dünnere) vordere Portion erst 20 mm tiefer beginnt. Der Ursprung am Knochen hört an der Grenze des oberen und mittleren Drittels des letzteren auf. Die starke Sehne bleibt an der Tibia an der medialen Seite, eher noch dem vorderen Rande genähert, bis zum Malleolus medialis, wo sie durch ein Retinaculum festgehalten wird. Von da aus läuft die Sehne vor- und etwas plantarwärts gegen einen Höcker an der medialen Seite des Naviculare, befestigt sich aber nicht an diesem, sondern wird gehalten durch ein eigentümliches Retinaculum, welches von der Sohlenfascie geliefert wird. Es sei deswegen ein Wort über diese gesagt.

Eine Aponeurosis plantaris gibt es nicht. Es gibt jedoch eine außerordentlich dünne Fascia plantaris, deren Präparation dadurch erschwert wird, daß sie streckenweise mit der Haut fester verbunden ist. Von dieser Fascie geht ein Zipfel, der sich gegen den genannten Knochenhöcker zuspitzt, an diesen, und das ist das Retinaculum.

Durch dieses neue Hypomochlion ändert der Muskel seine Richtung von neuem. Zu gleicher Zeit teilt sich die Sehne in deren zwei,

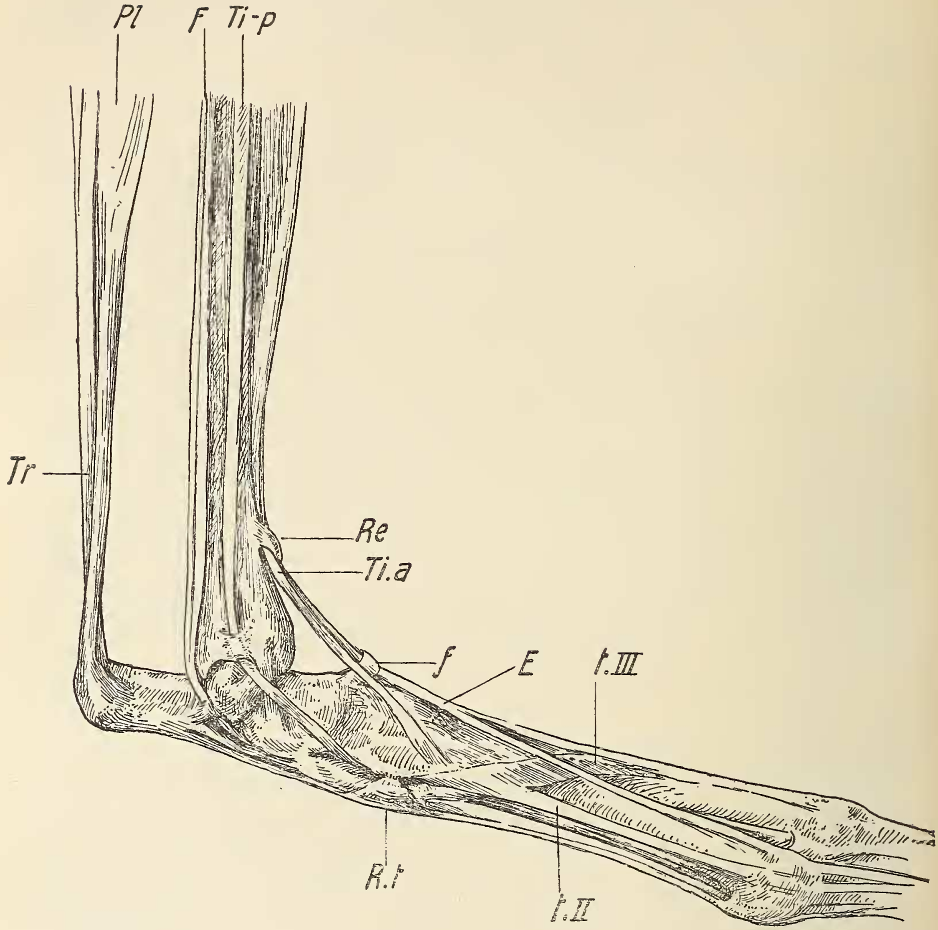


Abb. 7.

Linker Fuß mit Sehnen von der medialen Seite. Natürl. Gr.

E. Extensor digitorum longus
F. Flexor digitorum
f. Ligam fundiforme.
Pl. M. plantaris.
Re. Retinac. der Sehnen des Extensor digit. und des Tibialis ant.
R. t. distales Retinac. des Tibialis posterior.
t. II. Sehne des Tibialis post. zum 2. Strahl.
t. III. — — — — zum 3. Strahl.
Ti. a. Sehne des Tibialis anterior.
Ti. p. Musc. tibialis posterior.
Tr. Triceps-Sehne.

eine mediale, welche auf der medialen Seite des 2. Metatarsale weiterläuft, und eine laterale, welcher unter spiraliger Drehung auf die dorsale Seite des 3. Metatarsale tritt. Die mediale Sehne ist wie die übrigen Sehnen der Dorsalseite des Hasenfußes schmal, die laterale dagegen verbreitert sich beträchtlich und verdünnt sich entsprechend, so daß sie der Aufmerksamkeit entgehen kann, was wohl auch die Ursache dafür ist, daß KRAUSE sie (beim Kaninchen) nicht erwähnt (l. c. S. 165). Einen Grund für dieses eigentümliche Verhalten der Sehne vermag ich nicht anzugeben.

Einmal fand ich im Retinaculum, unmittelbar am Naviculare, ein winziges Knöchelchen. Ob man dieses in Beziehung setzen darf zu dem Tibiale externum des Menschen, muß ich unentschieden lassen.

Die Sehne zum 2. Strahl bleibt auf der tibialen Seite des Metatarsale und vereinigt sich, indem sie auf die Basis der 1. Phalanx weitergeht, mit der Sehne des Abductor digiti II zu einer Sehne, welche von der Mitte der Phalanx an mit der Strecksehne verbunden ist. Die Sehne zum dritten Strahl vereinigt sich schon in der Mitte des Metatarsale mit der Strecksehne. Zug an der tibialen Sehne ergibt Abduktion des 2. Metatarsale und der 2. Zehe nach der tibialen Seite, Zug an der lateralen Sehne Dorsalflexion der Zehe ohne das Metatarsale zu beeinflussen. Auf die Wirkung wird beim Peronaeus brevis zurückgekommen werden.

g) **Tibialis anterior.** (Abb. 7, 9, II 14).

Der Muskel ist bis oben hin vollkommen getrennt vom Extensor digitorum, doch sind die Sehnen beider, indem sie durch die Schlinge am unteren Ende des Unterschenkels hindurchtreten, so fest aneinandergepreßt, daß sie wie eine Sehne erscheinen. Der Muskel entspringt am oberen Fünftel der lateralen Fläche der Tibia und an der Fascie, an letzterer so weit nach der lateralen Seite hinüber, daß er das obere Ende des Extensor digitorum und das der Peronaei bedeckt. Die Sehne ist ebenso stark wie die des Extensor digitorum; sie geht nach dem Durchtritt durch die Schlinge ab-, vor- und medialwärts an die plantare Kante des 2. Metatarsale, wo sie sich 11 mm vor dem hinteren Ende des Knochens ansetzt.

Die erwähnte Schlinge ist 5 mm breit, außerordentlich stark und steif und am Knochen schief befestigt, mit dem medialen Ende höher.

Zug an der Sehne des Tibialis anterior ergibt reine Dorsalflexion.

h) Extensor digitorum. (Abb. 3, 7, 9).

Derselbe entspringt am Femur ebenso wie der des Kaninchens (s. bei KRAUSE l. c. S. 166) und so vieler anderer Säugetiere, wodurch die Koppelung der Kniebeugung mit der Dorsalflexion des Fußes bedingt ist.

Seine Sehne teilt sich dann nach Durchtritt durch die Schlinge in vier gleichstarke Sehnen zur 2. bis 5. Zehe. Von diesen bleiben die zur 2., 4. und 5. Zehe schmal, die zur dritten verbreitert sich auf dem distalen Ende des Metatarsale. Die Sehnen zur 2. und zur 5. Zehe sind bereits oberhalb des Schleuderbandes selbständig, diejenigen zur 3. und 4. Zehe trennen sich erst distal von demselben. — Die Sehnen teilen sich nicht wie beim Menschen an den Enden der ersten Phalangen in je drei Züge, von denen der mittlere am Köpfchen der ersten Phalanx endigt, sondern gehen ungeteilt über das erste interphalangeale Gelenk hinweg zur 2. und 3. Phalanx.

Zug an der Sehne erzeugt starke Dorsalflexion (sogar spitzwinklige) des Fußes, während die Wirkung auf die Zehen nicht so erheblich zu sein scheint. Diese Bewegung des Fußes wird vermittelt durch das Schleuderband, welches sich demgemäß auch durch besondere Festigkeit auszeichnet. Die Wirkung auf die Zehen stellt sich in folgender Weise dar: Zug an der Strecksehne nach Durchschneidung der Beugesehnen erzeugt Streckung der 1. Phalanx gegen das Metatarsale und zugleich der 2. Phalanx gegen die erste. — Die dritten Phalangen stehen immer, solange die Strecksehnen erhalten sind, in Dorsalflexion und schnappen auch, wenn sie plantarwärts flektiert werden, in Dorsalflexion zurück; wird jedoch die Strecksehne auf der Mitte der 2. Phalanx durchschnitten, so hört diese Federung auf.

S c h l e u d e r b a n d. (Abb. 3, 7, 8, 9). — Dasselbe sieht wesentlich anders aus als das der Affen. Während bei diesen beide Schenkel der Schleuder an der gleichen Stelle befestigt und von da an ganz frei sind, so daß die Schleuder sich sowohl seitlich wie auch in proximodistaler Richtung frei bewegen kann, ist der mediale Schenkel beim Hasen in großer Ausdehnung am Knochen angewachsen und weiter proximal wie der laterale befestigt. Beide Schenkel sind an der dorsal-medialen Kante des Calcaneus befestigt, der laterale in der Nähe des vorderen Endes derselben, der mediale Schenkel weiter hinten (weiter proximal wie der laterale), so daß die ganze Schleuder schief gezogen ist. Zu noch größerer Sicherung ist an dem medialen Schenkel ein Hilfsband angebracht, welches sich an der dorsalen

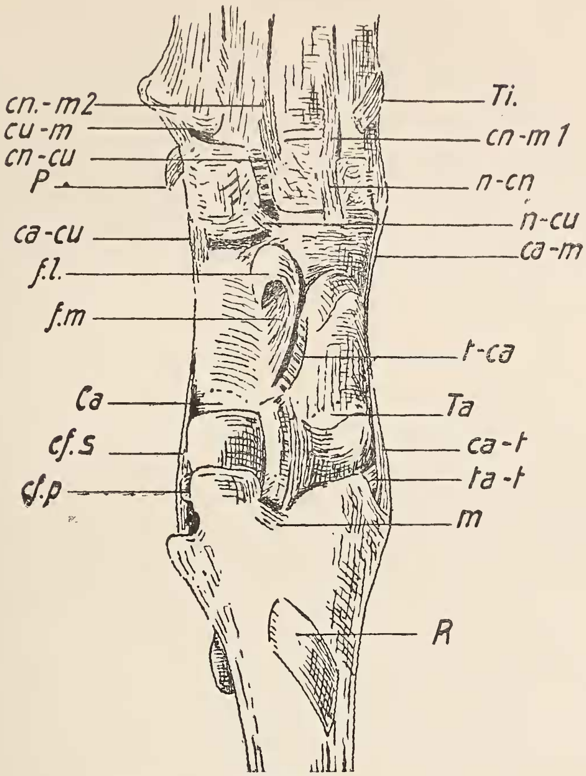


Abb. 8.

Tarsus des linken Fußes mit Gelenkbändern und Schleuderband von der dorsalen Seite. Vergr. 5:9.

Ca. Hockerfacette am Calcaneus.
ca-cu Ligam. calcaneo-cuboid. laterale.
ca-m. Ligam. calcaneo-metatars. mediale.
ca-t. Ligam. calcaneo-tibiale.
cf. p. Ligam. calcaneo-fibul. profundum.
cf. s. Ligam. calcaneo-fibulare superficiale.
cn-cu. Ligam. cuneo-cuboid. dorsale.
cn-m 1. Ligam. cuneo-metatars. zum 3. Metatarsale.
cn-m 2. Ligam. cuneo-metatarsale zum 4. Metatarsale.
cu-m. Ligam. cuboideo-metatars. laterale.
f. l. Crus laterale des Ligam. fundiforme.
f. m. Crus mediale des Ligam. fundiforme.
m. Ligam. malleoli lateralis anterius.
n-cn. Ligam. navi-cuneiforme zum 3. Keilbein.
n-cu. Ligam. navi-cuboideum.
P. Sehne des Peronaeus longus.
R. Retinaculum extensoris digit. et tibialis ant.
Ta. Hockerfacette am Talus.
ta-t. Ligam. tibio- talicum.
t-ca. Ligam. talo-calcaneum interosseum.
Ti. Ansatzstelle des Tibialis anterior.

Fläche des Naviculare befestigt und von da aus rück- und lateralwärts zur Schleuder zieht. Der mediale Schenkel verdeckt zum Teil das Ligam. talo-calcaneum interosseum. Das Schleuderband ist am Scheitel 3 mm breit; die gleiche Breite hat auch der laterale Schenkel, der mediale entspringt wegen seines schiefen Ansatzes am Knochen 8 mm breit. — In einem Falle fand ich in dem medialen Schenkel der Schleuder ein kleines Knöchelchen, welches der oberen lateralen Ecke des Naviculare auflag, aber nicht mit ihr artikulierte, sondern durch Bindegewebe mit ihr verbunden war.

i) Extensor digitorum accessorius. (Abb. 1).

Ein ganz dünner platter und daher leicht zu übersehender Muskel, auch von KRAUSE nicht erwähnt, welcher am vorderen Rande des lateralen Schenkels der Schleuder, an der distal-dorsalen Kante des Calcaneus entspringt und an die Sehnen des Extensor digitorum geht. Da er schief zu diesen Sehnen gerichtet ist, so ist sein oberer medialer an die Sehnen angrenzender Rand kurz, der untere laterale Rand lang, so daß er eine dreieckige Gestalt hat. Bei genauerem Zuschauen stellte sich in einem Falle heraus, daß der Ansatz nur an die zur 4. und 3. Zehe gehenden Sehnen ging, in anderen Fällen auch an die anderen Sehnen. Ersteres verstärkt die Deutung, daß wir es in diesem kümmerlichen Gebilde mit einem Vertreter des Extensor digitorum brevis des Menschen zu tun haben, denn auch bei diesem fehlt, und zwar ausnahmslos, die Sehne zur 5. Zehe. Es ist allerdings wieder einmal auffallend, daß unter so ungeheuer abgeänderten Verhältnissen ein so winziger Zug seine morphologische Beharrlichkeit erweist.

k) Peronaei.

Wir finden hier die zwei durch ihre Ansätze beim Menschen so wohl charakterisierten Sehnen wieder, diejenige, welche (beim Menschen) durch den Sulcus ossis cuboidis zum 1. Metatarsale führt, und die zur Tuberositas des 5. Metatarsale; aber außer ihnen zwei andere, eine, welche an der lateralen Seite des 5. Metatarsale, und eine, welche an der dorsalen Seite des vierten Metatarsale nach vorn verläuft. Von diesen vier Sehnen aus lassen sich die zugehörigen Muskelanteile ohne Gewaltsamkeit bis an die Ursprünge trennen. Daher darf man es auch nicht als falsch bezeichnen, wenn jemand von vier selbständigen Peronaei beim Hasen sprechen will. Doch möchte ich

Wilh. Krause nicht in der Anwendung der Bezeichnungen „Peronaeus primus“ bis „quartus“ (l. c. S. 166) folgen, schon aus dem Grunde, weil wir dabei einen „Peronaeus tertius“ bekommen würden, eine Bezeichnung, die beim Menschen für einen anderen, beim Hasen und beim Kaninchen nicht vorkommenden, Muskel vergeben ist. Zu entscheiden, was in dieser Namensfrage das „Richtige“ ist, muß der vergleichenden Morphologie überlassen bleiben; für die vorliegende, auf die Mechanik des Hasenfußes hinzielende Betrachtung scheint es mir praktisch, die Bezeichnungen „Peronaeus longus“ und „brevis“, an die wir gewöhnt sind, beizubehalten und die beiden weiter nach vorn laufenden Sehnen dem letzteren zuzurechnen. Dies läßt sich noch durch zwei Gründe verstärken: 1. bleiben die drei Sehnen, diejenige zur Basis des 5. Metatarsale und die beiden weiter nach vorn ziehenden, bis an die Basis des Metatarsale heran eng aneinander geschmiegt und erst ganz zuletzt biegt die Sehne zur Basis des 5. Metatarsale scharf ab, um sich an ihre Ansatzstelle, das Köpfchen, zu begeben; 2. haben wir die Analogie mit der medialen Seite der Metatarsalgegend, wo der Tibialis posterior ebenfalls zwei Sehnen nach vorn schickt.

Ursprünge — Der Peronaeus longus entspringt nur ganz oben an der Tibia und liegt am oberflächlichsten, und sein Muskelbauch hört schon an der Grenze des oberen Drittels der Tibia auf. Er ist also nicht sehr kräftig. Die Portion zur Basis des 5. Metatarsale hat die stärkste Sehne und den stärksten Muskelbauch und entspringt am tiefsten, von den anderen bedeckt. Die Portion zur 5. Zehe entspringt hinter dem Peronaeus longus nur oben an der Tibia, die Portion zur 4. Zehe noch weiter hinten.

Wichtiger sind uns die Ansätze.

Peronaeus longus (Abb. 3, 6, 9). Da es ein erstes Metatarsale nicht gibt, so ist dem Peronaeus longus die Ansatzstelle, die wir vom Menschen her kennen, entzogen, und man kann neugierig sein, wie er sich behilft. Die Angabe von Wilh. Krause (für Kaninchen), daß er an der plantaren Fläche des Cuboides ansetze, (l. c. S. 166), trifft (für den Hasen) nicht zu: er geht an die Basis des zweiten Metatarsale.

Es ist interessant, bei dieser Gelegenheit unter morphologischem Gesichtspunkt Tibialis anterior und Peronaeus longus zu vergleichen: Der Tibialis anterior behält, indem der Rest des ersten Metatarsale mit dem zweiten Metatarsale verschmolzen ist (S. 116), doch seine An-

satzstelle, die eigentlich nur dadurch begründet ist, daß er außer der Dorsalflexion auch Hebung des medialen Fußrandes zu besorgen hat, eine Bewegung, die es beim Hasenfuß gar nicht gibt. Da haben wir also ein Beispiel von der zähen Beharrlichkeit morphologischer Verhältnisse. Der Peronaeus longus geht auch an der Plantarseite so

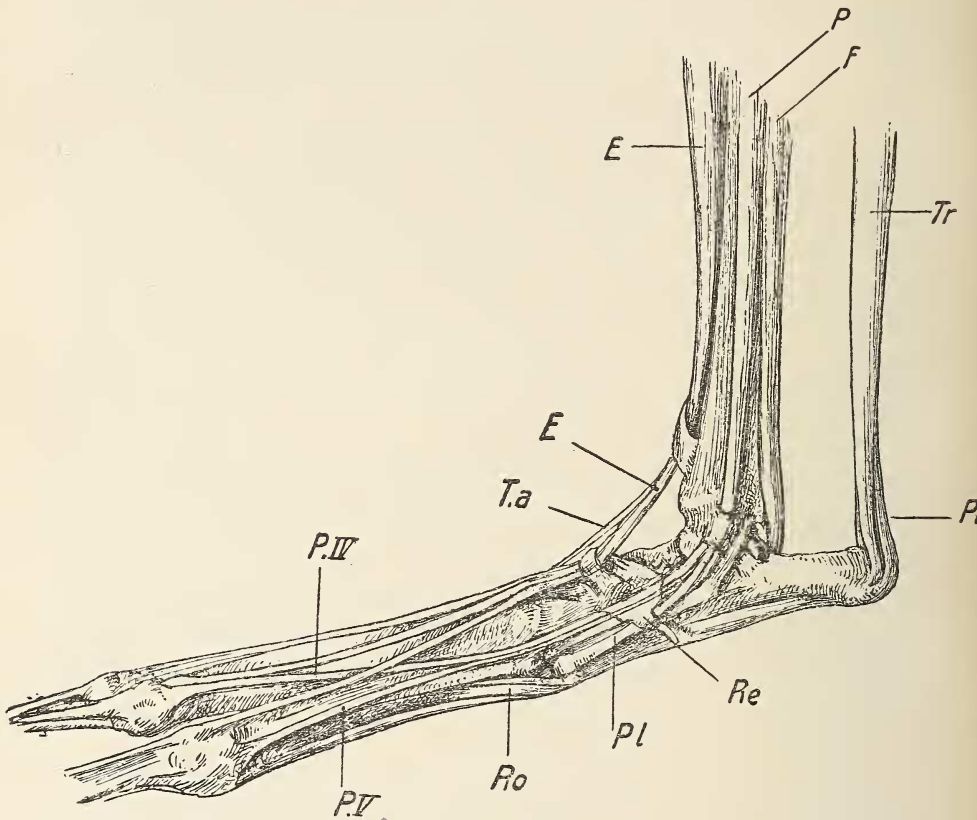


Abb. 9.

Linker Fuß mit Sehnen von der lateralen Seite. Natürl. Gr.

E. M. extensor digit. comm. und Sehnen desselben.
F. Flexor digitorum.
P. Ursprünge der Peronaei.
P. IV. Sehne des Peron. brevis zum 4. Strahl.
P. V. Sehne des Peron. brevis zum 5. Strahl.
P. l. Sehne des Peron. longus.
Pl. Sehne des Plantaris.
Re. Retinaculum peronaeorum inferius.
Ro. „Schnabel des Steges".
T. a. Sehne des Tibialis anterior.
Tr. Tricepssehne.

weit als er kommen kann. Er verhält sich aber hier in besonderer Weise: Er geht am Cuboides durch eine tiefe Rinne, welche auf der lateral-distalen Kante, mehr auf der lateralen als auf der distalen Seite, liegt. Dann tritt er zwischen die Metatarsalien und Tarsalien und heftet sich zunächst ganz fest an den nach der proximalen Seite ragenden Griffel des 5. Metatarsale. Auf dem Wege zur Basis des zweiten Metatarsale ist er noch wieder fest mit Höckern des 4. und des 3. Metatarsale verbunden. Außerdem ist er auch noch auf dem Wege vom 5. bis zum 2. Metatarsale fest mit der proximalen Seite des Ligam. basium metatarsalium transversum (s. S. 133), verwachsen.

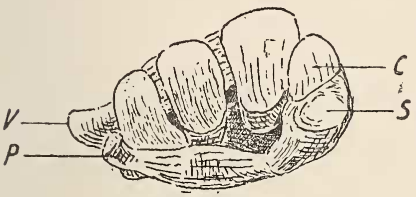


Abb. 10.
Basen der Metatarsalien des linken Fußes von der proximalen Seite gesehen.
Vergr. 5 : 11.
V. Tuberculum metatarsalis quinti.
C. Cuneiforme secundum.
P. Sehne des Peronaeus longus.
S. Griffel des 2. Metatarsale mit Facies navicularis.

Es liegt auf der Hand, daß von der Basis des 5. Metatarsale an die Sehne nicht mehr als Sehne eines Muskels, sondern nur als Band wirken kann. Als solches findet sie aber, mit dem Ligam. basium transversum verschmolzen, kraftvolle Verwendung zur Sicherung der Querwölbung in der Gegend der Basen der Metatarsalien. — Von dieser Beobachtung aus gewinnt auch eine Tatsache Bedeutung, die gewöhnlich unbeachtet bleibt, daß nämlich auch beim Menschen die Sehne des Peronaeus longus nicht frei im Sulcus ossis cuboidis liegt, sondern teilweise angewachsen ist; was hier beim Menschen begonnen ist, das ist beim Hasen vollendet.

Zug an der Sehne des Peronaeus longus ergibt reine Dorsalflexion des Fußes, und zwar nicht erst von rechtwinkliger Stellung des Fußes, aber doch noch nicht von extremer Plantarflexion an.

Peronaeus brevis (Abb. 24). — Für die Sehne, die zum Knöpfchen an der Basis des 5. Metatarsale geht, ist nichts weiter zu bemerken.

Die Sehne, welche an der lateralen Seite des 5. Metatarsale nach vorn läuft, verbreitert und verdünnt sich in der Gegend des Köpfchens des 5. Metatarsale, so daß sie kappenartig mit der lateralen Wand der Kapsel des Artic. metatarso-phalangeus V. verbunden ist.

Zug an der Sehne erzeugt Abduktion und Dorsalflexion, vor allem aber Abduktion der 5. Zehe und des 5. Metatarsale.

Die Sehne zum 4. Strahl tritt neben dem Köpfchen des Metatarsale an die laterale Seite der Extensorsehne und überschreitet in ganz dünner Ausbreitung das Gelenk zur 1. Phalanx, wo diese Ausbreitung mit der Extensor- und mit der Interosseussehne zusammenhängt. Zug an der Sehne erzeugt Dorsalflexion der Zehe.

Ich will nicht versäumen, hier an den Peronaeus brevis des Menschen zu erinnern. Bekanntlich geht von dessen Sehne gewöhnlich ein Zug nach vorn bis an die Basis des 5. Metatarsale. Ich habe bei dem großen Material, welches mir im Laufe der Jahre vor die Augen kam, immer auf diesen Zug geachtet und dabei die Erfahrung gemacht, wie ja auch andere Anatomen, daß eine außerordentliche Variation herrscht: in einigen Fällen läuft eine klare Sehne bis an die Zehe, in anderen Fällen fehlt sie ganz, in noch anderen reicht ein sehniger Streif mehr oder weniger weit nach vorn und verliert sich aufgefasert im Periost. Man ersieht daraus, daß es sich um eine phylogenetische Erbschaft handelt, die sich beim Menschen in geringeren oder höheren Graden der Rückbildung befindet.

Nachdem im Vorausgehenden sowohl die Sehnen des Tibialis posterior als die nach vorn bis zu den Zehen reichenden Sehnen des Peronaeus brevis des Hasen besprochen sind, sollen sie noch einmal im Zusammenhange betrachtet, jedoch eine kritische Bemerkung vorausgeschickt werden.

Das anatomische Präparat bietet uns für das Verständnis der Bewegungen eines Körperteiles das Hilfmittel, daß wir an den Sehnen ziehen können, um zu sehen, wie sie einzeln wirken. Die Wirkung des Zuges wird aber beeinflußt durch verschiedene Umstände, von denen ich drei hier nennen will: den Widerstand von Antagonisten, seitliche Verbindungen der Sehnen mit Nachbarsehnen und Ansatz einer Sehne nicht nur an einem Knochen sondern an deren zwei. Für diese drei Umstände finden sich in unserem Gebiet Beispiele, und deswegen komme ich darauf.

1. Beispiel: Stellt man den Hasenfuß rechtwinklig zum Unterschenkel und bringt man zugleich die Zehen in Beugestellung und zieht nun an der Sehne des Plantaris, so erhält man Plantarflexion des Fußes, zugleich aber Streckung der Zehen wegen Widerstandes des Extensor digitorum.

2. Beispiel: Die vier Sehnen des Extensor digitorum sind nicht nur untereinander, sondern auch mit den beiden Sehnen des Tibialis posterior

und mit den beiden nach vorn gehenden Sehnen des Peronaeus brevis durch eine straffe und gar nicht schwache Haut — man nenne sie „Fascie" oder sonst wie — verbunden, sodaß das Spiel dieser Sehnen sich bis zu einem gewissen Grade gegenseitig beeinflußt.

3. Beispiel: Die an der lateralen Seite des 5. Metatarsale nach vorn laufende Sehne des Peronaeus, geht wie im Vorausgehenden gesagt wurde, nicht nur an die Basis der ersten Phalanx, sondern auch an das Köpfchen des Metatarsale, sodaß zugleich Abduktion der Zehe und des Metatarsale bewirkt wird.

Trotz der durch solche Komplikationen gebotenen Vorsicht werden wir aber doch den Zug an den Sehnen mit Nutzen als ein Mittel zum Studium der Muskelwirkungen verwenden. Und da ist denn hervorzuheben, daß es einen überraschenden und sehr lebendigen Eindruck macht, wenn beim Ziehen an der Sehne des Tibialis posterior gleichzeitig die dritte Zehe gestreckt und der zweite Strahl medianwärts abduciert wird, und wenn ganz ebenso beim Ziehen an der Peronaeus-Sehne gleichzeitig die 4. Zehe gestreckt und der 5. Strahl lateralwärts abduciert wird. Streckung (Dorsalflexion) der Zehen und Spreizung der Strahlen sind also gekoppelt.

Wir haben gesehen, daß in der Anordnung der Sehnen des Tibialis posterior und des Peronaeus brevis Symmetrie angestrebt und in hohem Grade erreicht ist; dieser anatomischen Symmetrie entspricht offenbar auch Symmetrie der Wirkung. Das lockt zu einem Vergleich mit den nämlichen Muskeln des Menschen.

Nach DUCHENNE (Physiologie des mouvements. — Paris 1867) bringt der Tibialis posterior des Menschen den Fuß in Mittellage zwischen Dorsal- und Plantarflexion und abduciert stark nach der medialen Seite (l. c. S. 497); der Peronaeus brevis bringt den Fuß in die gleiche Mittellage (mit geringer Kraft) und abduciert stärker als der Peronaeus longus (l. c. S. 497). Hiernach besteht auch beim Menschen symmetrische Wirkung aber in anderer Weise als beim Hasen. Beim Menschen sind die beiden Muskeln teils Synergisten, teils Antagonisten; Synergisten, indem sie beide in Mittellage führen, Antagonisten, indem sie beide abducieren, der eine medianwärts, der andere lateralwärts. Synergisten sind sie mit Beziehung auf die Bewegung des Fußes, Antagonisten mit Beziehung auf die Bewegungen im Fuß, d. h. im Tarsus.

Beim Hasen sind sie nur Synergisten. Da es bei ihm Abduktionsmöglichkeit im Tarsus nicht gibt (s. S. 136), so können beide

Muskeln nicht antagonistisch wirken. Synergisch aber betätigen sie sich in dreifachem Sinne: 1. den Fuß dorsalwärts flektierend, 2. Zehen strekkend, 3. Strahlen abducierend. Das Letztere aber, obwohl dabei der eine Strahl medianwärts und der andere lateralwärts bewegt wird, ist doch nicht Antagonismus sondern Synergie, denn die Abduktion des 2. Strahles nach der medialen Seite hindert den 5. Strahl nicht, gleichzeitig nach der lateralen Seite abduciert zu werden; vielmehr verbünden sich beide Strahlen zu gemeinsamer Aufgabe: zur Spreizung und damit zur Verbreiterung der Stützfläche. Immerhin, so groß und so überraschend auch die Übereinstimmung beider Muskeln ist, so ist sie doch nicht vollständig, weder anatomisch noch funktionell. Anatomisch haben wir die beiden Unterschiede, 1. daß die Sehne des Peronaeus zur 4. Zehe nicht dicker ist wie die übrigen Streckzehen, die Sehne des Tibialis post. zum 3. Strahl dagegen hautartig verbreitert ist und sich schon von der Mitte des Metatarsale an mit der Extensorsehne verbindet; 2. daß die mediale Sehne des Tibialis an die Strecksehne tritt, die laterale Sehne des Peronaeus aber dies nicht tut. Funktionell, d. h. bei Zug an den Sehnen ergibt sich folgendes:

Peronaeus brevis. — Zug an der Sehne (oberhalb des Malleolus) erzeugt bei allen Stellungen des Fußes Abduktion des 5. und 4. Strahles, des 5. stärker wie des 4., und zu gleicher Zeit Streckung der 4. Zehe; außerdem aber kräftige Dorsalflexion des Fußes und zwar nicht erst von rechtwinkliger Stellung derselben an.

Tibialis posterior. — Zug an der Sehne (oberhalb des Malleolus) erzeugt Abduktion des 2. Strahles und Streckung der 3. Zehe, aber nicht Abduktion der letzteren. Dorsalflexion des Fußes, und zwar bis zu spitzwinkliger Beugung desselben, läßt sich nur hervorrufen, wenn der Fuß auf der Seite liegt; ist jedoch die Sohle nach unten gewendet, so gelingt die Dorsalflexion nicht, offenbar weil das Gewicht des Fußes nicht überwunden werden kann.

So belehrt uns nicht nur der Mensch über den Hasen, sondern auch der Hase über den Menschen; zum mindesten regt er uns an, die Frage der Fußmechanik noch einmal zu überdenken. — Die gleiche Anregung werden wir auch erhalten bei der noch ausstehenden letzten Muskelgruppe des Hasenfußes.

l) Interossei und Abductores (Abb. III 21).

Bei dieser Gruppe bin ich um den Namen verlegen. Es handelt sich um 8 Muskeln, die sich nur in zwei Merkmalen unterscheiden:

darin, daß die vier mittleren, weil sie zu den längeren Strahlen gehören, länger sind, und darin, daß die beiden Muskeln eines Paares sich spiegelbildlich zueinander verhalten. Sonst gleichen sie sich so vollständig, daß darauf mit der Eleganz die anatomischen Präparate des Hasenfußes beruht. Man möchte das harmonische Bild nicht zerreißen, indem man zwei Namen anwendet. Andererseits, da es kein erstes Metatarsale und demgemäß auch keinen ersten Intermetatarsalraum gibt, so kann es auch keinen Interosseus an dieser Stelle geben sondern einen „Abductor radii II", ebenso wie am lateralen Rande einen Abductor radii V. Es kommt hinzu, daß diese Muskeln gar nicht zwischen den Metatarsalien, sondern an deren plantarer Seite liegen, und daß sie auch gar nicht an den Metatarsalien, sondern an dem Schnabel des Steges entspringen. Der Wunsch nach einer einheitlichen Bezeichnung ist vorhanden. „Abductores" für alle würde auch nicht gehen, da dies nur für die Hälfte gilt; die vier anderen sind Adductores. Auch tritt, wie man durch Zug an den Muskeln feststellen kann, die seitliche Bewegung sehr in den Hintergrund gegenüber der flexorischen. Der treffendste und für alle gleich gut passende Name wäre „Flexores phalangium primarum". Der Unterschied von dorsal und plantar fällt fort, da sie alle plantar liegen, den Metatarsalien zwar eng angeschmiegt, aber nicht an ihnen entspringend.

Die vier Paare dieser schlanken Muskeln sind bis in die Nähe ihres Ursprunges am Schnabel des Steges ohne weiteres voneinander zu trennen; nur wenig ganz lockeren Bindegewebes liegt zwischen ihnen. Dagegen sind die zwei Muskeln eines Paares während ihres Verlaufes an der plantaren Seite des Metatarsale bis dicht an das distale Ende des Knochens heran miteinander vereinigt, so daß man begreifen kann, daß KRAUSE nicht von 8, sondern von 4 Interossei spricht (l. c. S. 168). Dagegen möchte ich zwei Bedenken äußern, ein funktionelles und ein anatomisches. Das funktionelle besteht darin, daß, wenn wir ein solches Paar, welches doch immer zwei Ansätze hat, einen an der tibialen und einen an der fibularen Seite, für einen Muskel nehmen wollen, er dann nur flexorisch wirken kann und die Möglichkeit abduktorischer und adduktorischer Bewegung ganz wegfällt; das anatomische Bedenken besteht darin, daß in jedem der vier Paare sich ein sagittal gestelltes sehniges Septum findet, von welchem aus die Fasern nach beiden Seiten auseinandergehen. Allerdings scheint es mir, daß die flexorische Wirkung, Beugung der ersten Phalangen, weit-

aus überwiegt über die Spreizung. Zug an beiden Muskeln eines Paares zu gleicher Zeit erzeugt starke Flexion dieser Phalangen.

Am distalen Ende eines Metatarsale weichen die beiden Interossei eines Paares auseinander und treten, indem sie sehnig werden, je einer an die mediale und an die laterale Seite des Köpfchens des Metatarsale. Die Sehnen gehen dann neben der Basis der 1. Phalanx vor- und dorsalwärts und setzen sich, so wie wir es an den menschlichen Fingern zu sehen gewohnt sind, an die Strecksehne an, sind aber auch mit dem Bindegewebe zur Seite des Köpfchens des Metatarsale und der Basis der ersten Phalanx und dadurch mit den Sesambeinen verbunden.

Am Schnabel hängen alle acht Muskeln zusammen, bilden aber doch nicht einfach eine Masse, sondern man kann mit Hilfe ihrer sehnigen Bestandteile die einzelnen Anteile ziemlich gut trennen. Dabei ergibt sich denn vor allem, daß der Ursprung des letzten Muskels, d. h. des lateralen des 5. Strahles, ganz nach der medialen Seite hinüberreicht und dabei die anderen zudeckt. Dadurch erhält er eine schiefe Richtung, was seiner abduktorischen Wirkung zugute kommen dürfte. Auch der Ursprung der beiden Muskeln des 4. Strahles ist ausgebreitet und deckt seinerseits wieder den der beiden Muskeln des 3. Strahles, deren Ursprung aber auch wieder ausgebreitet ist. — Der Schnabel setzt sich unmittelbar in die sehnigen Bestandteile der Interossei fort.

Auch hier fühlen wir uns veranlaßt zu einem Vergleich mit den homologen menschlichen Muskeln in der Hoffnung, dadurch nicht nur die Muskeln des Hasen, sondern auch die des Menschen (der Primaten) schärfer beleuchtet zu finden. Wir müssen dabei unterscheiden zwischen den Beziehungen zur Flexion und denen zur seitlichen Bewegung (Abduktion und Adduktion).

a) Flexion. — Dadurch, daß beim Hasen die Ursprünge der Muskeln auf den Schnabel des Steges und damit nach der plantaren Seite und weiter proximalwärts verlegt sind, wird größere Länge der Muskeln und günstigere Zugrichtung gewonnen. — Wichtiger aber ist das zweite.

b) Seitliche Bewegung. — Als „Mittelebene" d. h. als diejenige Ebene, von welcher weg Abduktion und zu welcher hin Adduktion stattfindet, muß eine sagittale Ebene angenommen werden, welche zwischen dem 3. und 4. Strahl liegt. Dadurch, daß die Muskeln nicht an den Metatarsalien entspringen und von diesen an die Zehen gehen,

wird veranlaßt, daß die seitlichen Bewegungen nicht solche der Zehen sind, bei welchen die Metatarsalien in Ruhe bleiben, sondern solche der ganzen Strahlen, wobei es nur auf die Beschaffenheit der tarsometatarsalen und der metatarso-phalangealen Verbindungen ankommt, an welcher der beiden Verbindungen die größere seitliche Bewegung möglich ist. Dies ist, soweit meine Erfahrung reicht, die tarso-metatarsale Verbindung. Es handelt sich also beim Hasen um seitliche Bewegungen der Strahlen und nicht so sehr der Zehen.

G. Schlußbemerkung.

Ich möchte die vorausgehende Mitteilung durch folgende Bemerkung abschließen: Der Hasenfuß hat das, was er von Anfang an versprach, sobald die Haut entfernt war, bis zum Schluß voll gehalten: die Schärfe der Knochenformen, die Klarheit der gut abgegrenzten weißglänzenden Bänder, die Eigenart der Gelenkformen, die Besonderheiten der Muskeln bereiten dem, der mit dem menschlichen Fuß vertraut ist, eine Fülle reizvoller Überraschungen. Man bedauert zum Schluß nur, daß nicht alle Einzelheiten durch Figuren veranschaulicht, diese Figuren in stärkeren Vergrößerungen gegeben, Knochen, Knorpel und Muskeln getönt werden konnten, um dem Leser das Verständnis zu erleichtern.